This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 1,060,450

LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

DEUXIÈME SÉRIE

TOME XIV — JUILLET 1898

(VINGT-DEUXIÈME ANNÉE; TOME XLIV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(**M. J. Thirion**)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1898

SOULÈVEMENTS

ET

AFFAISSEMENTS [1]

En 1890, j'ai abordé, dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES [2], le sujet du sens probable des mouvements dont la croûte du globe est le siège. Si j'y reviens aujourd'hui, ce n'est pas seulement parce que la question est loin d'être résolue par un assentiment universel; c'est surtout parce que, depuis cette époque, des faits nouveaux ont été découverts, qui paraissent destinés à jeter beaucoup de lumière sur la solution du problème.

Il convient de rappeler en deux mots sur quoi porte la discussion.

Le jour où Léopold de Buch fit voir que, dans les montagnes de l'Europe, les sédiments, toujours dérangés de leur horizontalité primitive, étaient parfois relevés jusqu'à la verticale, et que ce relèvement s'opérait, en général, d'une façon symétrique autour de noyaux anciens qui formaient l'axe du massif, personne n'eut l'idée d'attribuer cette allure à autre chose qu'à un soulèvement. Puisque les couches inclinées étaient plus hautes que tout ce qui les entourait, le simple bon sens, non prévenu,

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, le 19 avril 1898.

(2) *La nature des mouvements de l'écorce terrestre*, numéro de janvier 1890.

devait attribuer leur situation présente à l'action d'une force soulevante, c'est-à-dire qui avait agi de bas en haut.

C'est sous cette forme que la *théorie des soulèvements* fut unanimement acceptée, surtout lorsque Élie de Beaumont eut fait voir que toutes les montagnes n'étaient pas du même âge, mais que les rides de l'écorce terrestre s'étaient succédé comme autant d'épisodes de bouleversement, chacun d'eux marquant ce qu'il appelait les *majuscules* des chapitres de l'histoire terrestre.

Malheureusement, dans l'esprit de Léopold de Buch, la théorie des soulèvements était intimement liée à celle de la formation des grands remparts cratériformes qui entourent certains volcans, comme la Somma au Vésuve, les Cañadas à Ténériffe, etc. Or, malgré l'appui que lui prêtait Élie de Beaumont, la notion des cratères de soulèvement, combattue par Lyell et par Constant Prévost, ne tarda pas à perdre du terrain. On reconnut que toutes les structures volcaniques résultaient d'épanchements, de projections, d'explosions ou d'effondrements, de sorte qu'aucune force soulevante proprement dite ne s'y manifestait jamais, l'ascension de la lave s'expliquant suffisamment par la force élastique des vapeurs qui se dégagent en même temps.

Du reste, tout en se proclamant, toujours à ce point de vue, disciple de Léopold de Buch, dont il ne voulait pas abandonner les idées, Élie de Beaumont avait profondément modifié ses propres vues en ce qui concerne la formation des rides de l'écorce. Il y voyait l'effet d'un état de compression, engendré dans la croûte solide par la contraction progressive du noyau fluide sous-jacent, sur lequel elle ne pouvait rester appliquée qu'à la condition de se déformer. Il n'y avait donc plus de *force soulevante* proprement dite, mais un développement de pressions tangentielles, pouvant se résoudre en composantes verticales, là où se formait le pli destiné à compenser l'excès d'ampleur de l'écorce.

Dès lors, la notion fondamentale, en fait de déformations de la croûte solide, devenait l'*affaissement* général de cette croûte, et non seulement les soulèvements n'apparaissaient plus à quelques-uns que comme un phénomène local, mais plusieurs soutenaient que la saillie formée par les replis était inférieure à la quantité dont l'écorce avait dû s'affaisser. C'est ainsi qu'à l'Académie des sciences et à la Société géologique de France, de 1840 à 1850, Constant Prévost ne cessait de protester contre l'emploi du mot « soulèvement ».

Élie de Beaumont répondit (1) par un calcul très simple, où il montrait que, suivant toutes les probabilités, chaque déformation de l'écorce n'avait dû produire qu'un mouvement centripète de peu d'importance, en général inférieur à 100 mètres, de sorte qu'en réalité les cimes montagneuses s'étaient éloignées du centre de la terre; si bien que le soulèvement était à la fois relatif et absolu.

En vain les adversaires de cette conception arguaient-ils d'une comparaison avec les mouvements musculaires, qui tous résultent de la *contraction* des muscles, de sorte que, disaient-ils, l'emploi du mot *extension*, pour eux comparable à celui de soulèvement, serait contradictoire. Il était aisé de leur répondre que, dans le travail des membres, la contraction des fibres produit justement un gonflement des muscles, de sorte que, dans les efforts du bras, il est incontestable que le biceps *se soulève*, son sommet s'éloignant notablement de l'os sur lequel il est appliqué.

La dispute s'éteignit donc, jusqu'au jour où parut le fameux livre de M. le professeur Ed. Suess, *la Face de la Terre* (*das Antlitz der Erde*) (2). Dans cet ouvrage, qui renouvelait, on peut le dire, à beaucoup d'égards, l'aspect

(1) COMPTES RENDUS, XL, p. 759.

(2) Une traduction française de ce livre capital se publie en ce moment en France, chez M. Armand Colin, sous la direction de M. EMMANUEL DE MARGERIE. Le premier volume a paru en 1897.

de la géologie, l'auteur montrait une préférence marquée pour la théorie des affaissements. Il ne niait pas les bourrelets de soulèvement, mais les regardait comme des phénomènes accessoires ou subordonnés (*Begleiterscheinungen*), relativement au grand processus de descente dont ils n'étaient qu'une conséquence.

Je renverrai à mon article de 1890 pour l'exposé de la controverse qui surgit alors, et où je m'efforçais surtout de combattre les exagérations de la notion des *horst* ou piliers stables, fragments de la croûte qui, par un privilège spécial, seraient demeurés en place, alors que tout s'effondrait autour d'eux. Aujourd'hui, supposant ces choses connues, je voudrais, d'une part, faire valoir certains arguments théoriques, et, d'autre part, insister sur des faits nouveaux qui, loin de militer en faveur des affaissements, me semblent, au contraire, plaider avec beaucoup de force la cause des soulèvements, dans le sens où les entendait Élie de Beaumont.

Quelles que soient les obscurités qui pèsent encore sur la théorie des déformations de l'écorce terrestre, il est un fait incontestable, c'est la généralité de ces déformations et, de plus, la preuve, résultant des observations géologiques, que la cause d'où elles dérivent agissait avec plus d'intensité aux époques géologiques antérieures. Par exemple, tandis que les dépôts secondaires et tertiaires se rencontrent très souvent en couches sensiblement horizontales, il n'existe à la surface des continents qu'un très petit nombre de points où les sédiments primaires ne soient pas plus ou moins incomplètement disloqués.

Ce fait, joint à l'incontestable existence d'un flux de chaleur traversant l'écorce, sans parler de la généralité des phénomènes volcaniques, conduit invinciblement à l'idée, que la déperdition de la chaleur interne doit être la cause première des déformations terrestres. Bien peu de gens le contestent aujourd'hui, et, pour notre part,

nous admettrons ce principe comme une donnée fondamentale.

Maintenant, comment se fait sentir cette déperdition ? Elle peut agir de deux manières. D'abord, les matières internes qui s'épanchent au dehors, par les orifices volcaniques, diminuent la masse du noyau et provoquent nécessairement un abaissement de la surface. Ensuite la seule déperdition, par conductibilité, de la chaleur centrale doit avoir pour conséquence une contraction du noyau. Mais l'enveloppe, dont la surface est depuis longtemps en équilibre de température avec un milieu extérieur supposé invariable, ne peut pas se prêter à cette contraction, au moins dans ses parties superficielles. Elle doit donc se déformer, pour continuer à s'adapter au volume diminué qu'elle entoure.

Cherchons à nous faire une idée approximative de l'ordre de grandeur des dislocations qui peuvent résulter de ces deux facteurs.

On compte aujourd'hui sur la terre 400 cônes volcaniques de quelque importance. Le plus grand d'entre eux, le Kilimandjaro de l'Afrique australe, représente 10 000 kilomètres cubes. Attribuons un pareil volume à tous les 400, ce qui, à coup sûr, est infiniment exagéré ; cela fera 4 millions de kilomètres cubes. La sortie de cette masse, pour une surface de 500 millions de kilomètres carrés en chiffres ronds, représente un abaissement de niveau de *huit mètres* seulement, et cela depuis les temps tertiaires. Voulût-on décupler ce chiffre, pour tenir compte de toutes les éruptions tertiaires, qu'on n'arriverait pas à 100 mètres d'abaissement, pour un volume de 40 millions de kilomètres cubes, lequel se trouverait presque égal à *la moitié du volume des continents actuels* (1) !

Pareille hypothèse serait absolument injustifiable ; car il s'en faut de beaucoup que les roches éruptives ter-

(1) Ce volume est en effet, en gros, de 100 millions de kilomètres cubes.

tiaires et modernes représentent une pareille fraction du cube de la terre ferme. Donc l'abaissement dû à cette cause peut être regardé comme négligeable.

La déperdition de la chaleur a dû varier beaucoup selon l'âge du globe. Laissons de côté ce qui a pu se passer dans les temps géologiques les plus anciens, pour nous borner aux périodes voisines de l'ère actuelle, où les variations de niveau peuvent être appréciées avec beaucoup plus d'exactitude.

On sait quel est le flux de chaleur qui traverse aujourd'hui l'écorce, puisque les expériences, poursuivies sur une verticale de 2000 mètres, confirment une augmentation de température d'environ un degré centigrade pour 35 mètres de profondeur. On sait, d'autre part, que les conditions biologiques, à l'époque tertiaire, étaient trop peu différentes de ce qu'elles sont aujourd'hui, pour que le flux de chaleur dût se faire alors avec une intensité sensiblement supérieure.

Cela étant, si l'on cherche, comme nous l'avons fait il y a quelques années (1), à chiffrer la perte de chaleur qui en résulte pour le globe, on trouve qu'elle ne doit pas différer beaucoup de *un demi-degré par million d'années*.

Si l'on admet ce taux et qu'on applique le coefficient de dilatation cubique du granite, par exemple, soit $\frac{25}{1\,000\,000}$, cela fera, pour un million d'années, une diminution de volume comparable à $\frac{12,5}{1\,000\,000}$ ou $\frac{1}{80\,000}$.

Pour que le volume d'une sphère diminue de $\frac{1}{80\,000}$, il faut que son rayon diminue de $\frac{1}{250\,000}$. Or la 250 000e partie de 6366 kilomètres, rayon moyen de la terre, est de 25 mètres. A ce compte, il faudrait 40 millions d'années pour voir le rayon diminuer de 1000 mètres, provoquant un égal abaissement de la surface des mers.

(1) Voir BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE, 3e série, t. XV.

L'énormité de ce chiffre apparaîtra clairement, si nous rappelons que les évaluations relatives à la durée des temps géologiques, depuis le début de l'ère primaire, varient entre 25 et 100 millions d'années.

Appliquons ce résultat d'une autre manière. On ignore absolument ce que peut être l'épaisseur de l'écorce solide du globe ; mais si l'on suppose que le taux de l'accroissement de la chaleur à l'intérieur, tel qu'il est connu pour les deux premiers kilomètres, se poursuive sensiblement au delà, on trouve qu'à 60 kilomètres de la surface doit régner la température de la fusion des roches. Une épaisseur d'une soixantaine de kilomètres pour l'écorce semble donc très admissible. Dans ce cas, pour une surface extérieure d'environ 500 millions de kilomètres carrés, le volume de cette écorce serait de 30 milliards de kilomètres cubes.

Imaginons que l'écorce perde autant de chaleur que le noyau, ce qui est assurément faire la partie belle à l'hypothèse adverse. En un million d'années, elle perdrait la 80 000e partie de ses 30 milliards, soit 375 000 kilomètres cubes. Si l'on suppose que 10 millions d'années se soient écoulés depuis la fin des temps crétacés, cela ferait une contraction de 3 750 000, mettons, en forçant les chiffres, 4 000 000 de kilomètres cubes.

Mais si, comme l'admet l'école des effondrements, pour expliquer la situation actuelle des dépôts sédimentaires sur le plateau du Colorado, l'écorce s'est affaissée en bloc, depuis cette époque, de dix kilomètres au moins, cet abaissement a dû déterminer, dans la croûte solide, un excès d'ampleur qu'il est aisé de déterminer.

En effet, supposons une sphère dont le rayon r est exprimé en kilomètres. Sa surface est de $4\pi r^2$, et si on attribue à la couche externe une épaisseur e, exprimée en kilomètres, le volume de cette écorce sera sensiblement $4\pi r^2 e$.

Admettons que le rayon diminue de n kilomètres.

L'écorce s'abaissant ne devra plus avoir que $4\pi(r-n)^2$ de surface ; son volume deviendra donc

$$4\pi(r-n)^2 e,$$

et la différence sera

$$4\pi e[r^2-(r-n)^2]=4\pi e[r^2-r^2+2rn-n^2]$$
$$=4\pi e[2rn-n^2].$$

On a $\pi=3,1416$; $4\pi=12,566$. Si nous admettons $e=60$, on aura

$$4\pi e=60\times 12,566=754.$$

Cela posé, pour $n=10$ on aurait

$$754[20r-100].$$

Le rayon r est égal à 6366^k; alors

$$20r-100=127\ 220$$

et $$754\times 127\ 200=95\ 923\ 880.$$

Cela fait tout près de *96 millions de kilomètres cubes* en excédent.

En retranchant les 4 millions que l'écorce a pu perdre par refroidissement dans le même intervalle, il reste 92 millions de kilomètres cubes de trop, lesquels ne peuvent se résoudre qu'en bourrelets.

Or, un massif montagneux qui aurait 100 kilomètres de base, avec 2 kilomètres de hauteur au milieu, représente 100 kilomètres cubes par kilomètre courant. Pour réaliser les 92 millions d'excédent, il faudrait 920 000 kilomètres de longueur, autrement dit 92 chaînes de montagnes ayant chacune 10 000 kilomètres de long.

Avec un bourrelet de 4 kilomètres de hauteur au centre, il faudrait seulement la moitié, soit 46 chaînes ayant chacune 4000 mètres de haut en leur milieu, sur 10 000 kilomètres de long et 100 kilomètres de large.

Autant vaut dire qu'un affaissement, comme celui qui paraît admissible à M. Suess, aurait eu pour résultat de

cribler la terre ferme, depuis la fin des temps crétacés, de bourrelets montagneux autrement considérables que ceux qu'on observe actuellement, et dont beaucoup, nous le savons par la géologie, sont d'âge plus ancien que le début du tertiaire.

Puis donc que les grands affaissements ne dispensent pas des plis qu'on semblait vouloir éviter, quelle nécessité y a-t-il d'y recourir, s'il n'existe pas de preuves directes d'un abaissement du niveau des mers ?

Enfin il convient de noter que, si le rayon terrestre avait notablement diminué depuis les temps primaires, c'est-à-dire depuis l'époque où les couches en contact avec les mers devaient être saturées d'eau, comme il n'y a pas de raison pour que le volume des océans ait varié, qu'au contraire la diminution de la chaleur atmosphérique dans les hautes latitudes doit avoir entraîné une précipitation de vapeur correspondante, la surface baignée par les mers aurait toujours dû aller en augmentant.

Ce n'est pas du tout le résultat auquel conduit la restitution des anciens rivages. Que l'on consulte, à cet égard, les cartes existantes, notamment celles que M. James Geikie a réunies en un tableau comparatif dans une étude sur l'évolution des continents, on verra que la terre ferme n'a cessé d'augmenter en surface. Le fait est surtout sensible pour les temps écoulés depuis le commencement de l'ère tertiaire.

Donc, non seulement les mers n'ont pas *bavé* progressivement sur les continents, mais c'est l'inverse qui s'est produit. Si l'on cherche à l'expliquer par la formation de fosses profondes, qui auraient augmenté la hauteur de l'eau en la dispensant de s'étaler, nous répondrons que les fosses marines abyssales, dont on commence à bien connaître l'allure, apparaissent toutes comme la contre-partie de rides saillantes, appliquées contre les continents, de telle sorte que leur formation est intimement liée au pro-

cessus général de ridement, que nous opposons justement au processus d'affaissement.

Il se peut que chacune des raisons théoriques qui viennent d'être énoncées soit jugée insuffisante par elle-même pour trancher définitivement la question. Mais c'est beaucoup de les voir converger toutes ensemble vers une même conclusion, défavorable à l'hypothèse d'une forte descente en masse de l'écorce terrestre, du moins pendant les temps secondaires et tertiaires.

Toutefois, les bases sur lesquelles repose toute théorie, en pareille matière, sont encore trop incertaines pour qu'on puisse, en invoquant ces arguments, prétendre entraîner les convictions récalcitrantes. Aussi est-ce surtout sur des preuves positives, c'est-à-dire sur des arguments de fait, que nous voulons nous appuyer.

Il en est un que nous avons déjà fait valoir en 1890, et sur lequel nous demandons la permission de revenir, tant il nous paraît probant.

Quand les partisans de l'école des effondrements admettent que le niveau des mers jurassiques était autrefois à la hauteur où les formations de cet âge doivent être restituées au-dessus des Vosges, ils sont amenés à conclure que, les Vosges seules demeurant en place, tout le reste des terres voisines, y compris l'Ardenne, l'Armorique et le Plateau Central, a dû s'abaisser d'au moins deux mille mètres ; car les mers jurassiques ont également baigné le bord des régions en question, où leurs rivages ont laissé des traces bien nettes.

C'est déjà chose risquée d'attribuer un privilège exclusif de stabilité aux Vosges, quand on n'hésite pas à faire descendre en masse ceux des pays de France qui, à travers l'histoire géologique, et au moins depuis le début des temps secondaires, se sont montrés les plus stables de tous. Mais passons sur cet argument.

Ce qui domine tout, à nos yeux, c'est le fait que le bord du massif armoricain, tout comme celui du massif arden-

nais, a formé rivage pendant une suite indéfinie de périodes, sans que jamais la région correspondante, bien que dépourvue de relief, se laissât envahir par les eaux marines.

Ainsi, aux environs de Valognes, on retrouve, sur un très petit espace, et toujours en couches horizontales :

1° Les traces du rivage de la mer hettangienne, la plus ancienne des mers jurassiques ;

2° Le rivage de la mer liasique à gryphées arquées ;

3° Non loin de là, dans le Bocage normand, le rivage, merveilleusement marqué par de petites plaques fossilifères appliquées sur les anfractuosités du quartzite silurien, des mers du lias moyen et de l'oolithe ;

4° Le rivage de la mer cénomanienne ;

5° Le rivage de la mer du sénonien supérieur, dans laquelle s'est formé le calcaire à baculites du Cotentin ;

6° Le rivage de la mer éocène, avec les fossiles du calcaire grossier parisien ;

7° Les dépôts littoraux de l'époque miocène, avec leurs coquilles caractéristiques et leurs ossements de lamantins ;

8° Le cordon littoral de la mer pliocène, bien visible à Gourbesville, où l'on croirait voir une plage de galets formée de la veille.

Tout cela occupant, à quelques mètres près, la même et faible hauteur au-dessus de la mer actuelle.

Par conséquent, durant un nombre incalculable de périodes, et alors que, dans l'hypothèse de l'affaissement, continu ou par saccades, la croûte terrestre s'abaissait de plusieurs kilomètres, entraînant avec elle le niveau des mers, les régions de l'Armorique et de l'Ardenne auraient eu ce merveilleux privilège, que les mouvements de l'élément solide et de l'élément liquide n'auraient jamais cessé d'être absolument concordants.

S'il est des géologues à qui une telle hypothèse semble conciliable avec le calcul des probabilités, nous avouons n'être pas de ceux-là. Quelle différence entre l'effort néces-

saire pour admettre un tel prodige d'équilibre, et l'explication si simple qui consiste à penser que, l'Armorique étant une région stable par excellence, et le niveau de la mer n'y variant que par le contre-coup des déformations *locales* que le refroidissement du noyau inflige à l'écorce, il n'y a eu, dans le niveau des mers bretonnes, que des oscillations, toujours contenues dans des limites assez étroites ! De sorte que, au contact de ce massif stable, la mer, depuis le commencement des temps jurassiques, n'a jamais empiété sensiblement, comme aussi elle ne s'est jamais retirée bien loin.

Un autre fait, d'ordre géologique comme le précédent, mais d'une portée plus immédiatement saisissable, nous est offert par l'allure de la grande ligne des dislocations qui se poursuivent, dans l'Afrique orientale, depuis l'embouchure du Zambèze jusqu'au fond de la Mer Rouge, et se prolongent tout naturellement, en Syrie, par le sillon de la Mer Morte et la dépression comprise entre le Liban et l'Anti-Liban.

M. Suess est le premier qui ait mis en pleine lumière l'importance et la continuité de cette grande ligne de fractures. Il lui a consacré plusieurs pages dans son *Antlitz der Erde*, et, plus récemment, dans un travail entrepris avec MM. F. Toula, Rosiwal, et von Höhnel sur les résultats de l'expédition africaine du comte Teleki, il a fait voir avec quelle netteté le sillon se poursuivait au sud, dans la direction du lac Nyassa et du Chiré, affluent du Zambèze.

La grande nappe d'eau du lac Rodolphe, les lacs Baringo, Natron, etc., étaient signalés comme jalonnant cette longue fosse au fond inégal, qui semblait toujours dominée, à l'est comme à l'ouest, par des lignes continues d'escarpements. Rapprochant cette structure de celle de la Mer Morte, ce curieux ombilic aux flancs raides, dont le fond descend à 800 mètres au-dessous de la mer, M. Suess se croyait fondé à y voir le type achevé d'un *graben* ou fossé

d'effondrement. Comme si, sur cette énorme longueur de cinq à six mille kilomètres, une cause de faiblesse s'était fait sentir dans l'écorce, déterminant la chute d'une bande linéaire, pendant que, sur les bords des fractures qui limitaient la bande effondrée, s'installaient des volcans ; tels le Kenia, le gigantesque Kilimandjaro, le volcan Teleki, les cratères éthiopiens, ceux de la Mer Rouge, enfin les manifestations volcaniques de la Syrie.

Que le sillon signalé par M. Suess résulte d'un effondrement, c'est ce que personne ne peut songer à contester. Mais cet effondrement marque-t-il simplement une direction de moindre résistance, suivant laquelle l'Afrique, et avec elle la Syrie, tendraient à se fendre, de sorte que le phénomène de la descente verticale dominerait tout ? C'est précisément ce qu'il nous faut examiner.

Or déjà un scrupule aurait dû venir à ceux qui acceptaient si facilement l'idée d'une chute pure et simple.

En effet, le sillon de l'Afrique orientale, celui qui du Nyassa, par le lac Rodolphe, vient rejoindre le pied de la haute falaise abyssinienne, offre, à partir de l'équateur, une double pente, celle du nord vers la Mer Rouge, celle du sud vers l'embouchure du Zambèze. *Et le point de partage se trouve à 1860 mètres d'altitude.*

Voilà, certes, une singulière situation pour une ligne de rupture, d'avoir son fond à une hauteur égale à près de trois fois le relief moyen du continent dont elle accuse la partie faible ! Mais cette singularité s'aggrave encore à la lumière des récentes découvertes géographiques.

Ces découvertes, que nous résumerons en quelques mots, nous enseignent que tout le principal effort du relief, dans le continent africain, se montre concentré sur la partie orientale, entre le méridien du Nil, à l'ouest, et celui de la falaise éthiopienne à l'est. Ainsi naissent, au nord, le haut massif abyssin, avec ses cimes de 4000 mètres et, plus au milieu, ce territoire dont le grand lac Victoria-Nyanza occupe le centre, et où sont réalisées des

altitudes de 2000 mètres et plus, inconnues (à de minimes exceptions près) dans toute l'Afrique à l'ouest du méridien du Nil.

Empressons-nous d'ajouter que, pour nous, la chaîne de l'Atlas n'est pas une formation africaine. C'est le bord plissé de ce qu'on a justement appelé l'Eurasie, et le type africain, en fait de relief, ne commence qu'au sud de cette chaîne, ce qui assure la généralité du fait que nous venons d'énoncer.

Or, si l'on consulte le remarquable travail que M. de Martonne a récemment publié dans le JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE BERLIN (1), on peut s'assurer que la bande culminante de l'Afrique orientale est longée, sur ses deux flancs, par deux lignes extraordinairement continues de dépressions lacustres.

La première, située à l'est, est celle que M. Suess a étudiée, et qui comprend, du sud au nord, les lacs Nyassa, Manyara, Natron, Naïvacha, Baringo, Rodolphe, Stéphanie, et les lacs abyssins.

La seconde, probablement rattachée à la première par une bifurcation dont le lac Léopold indiquerait la place, embrasse le long lac Tanganyka, la vallée du Rousizi qui vient s'y jeter, le lac Kivou, récemment découvert par M. de Götzen, avec un grand volcan actif tout à côté, puis la vallée de la Semliki, les lacs Albert-Édouard, Albert, enfin le grand sillon de la vallée du Nil.

Mais les lacs en question ne se contentent pas de jalonner le bord de la bande culminante, comme s'ils accusaient seulement un ruban quelque peu déprimé à la jonction de celle-ci avec le grand plateau africain qu'elle domine. Déjà nous savons que la ligne orientale des lacs forme une sorte de *graben* ou fossé, dominé par deux lignes d'escarpements que couronnent de grands volcans. C'est

(1) *Die Hydrographie des oberen Nil-Beckens*; ZEITSCHRIFT DER GESELLSCHAFT FUR ERDKUNDE ZU BERLIN, XXXII (1897), p. 303.

bien mieux encore à l'ouest, où le lac Tanganyka, long de plus de 800 kilomètres pour une largeur moyenne de 40 à 50, se tient à une altitude d'environ 800 mètres, tandis que ses deux bords s'élèvent brusquement à des altitudes de 2000 mètres, inconnues au milieu de la bande culminante.

En fait, l'allure des deux lignes de dépressions lacustres, des deux fossés d'*effondrement*, qui semblaient si décisifs pour attester la chute de la terre africaine, est exprimée, avec une vérité saisissante, par le croquis ci-joint (fig. 1), emprunté au travail de M. de Martonne.

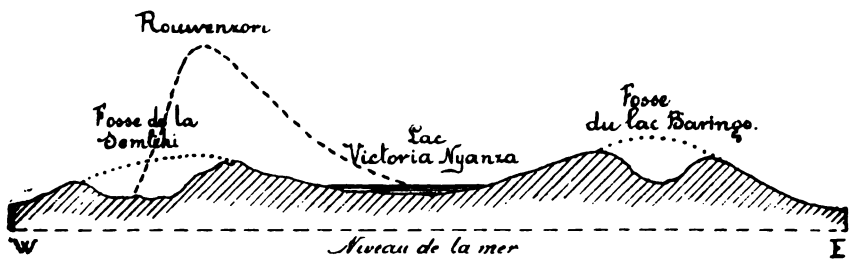


Fig. 1. — Coupe transversale de l'Afrique orientale prise dans le voisinage de l'Équateur.

On y voit clairement que la bande culminante est limitée, à droite comme à gauche, par deux *bourrelets* bien marqués, plus hauts qu'elle-même ; et tandis que le centre de la bande a fléchi, laissant naître, par 1200 mètres d'altitude, l'énorme cavité lacustre du Victoria-Nyanza, les deux bourrelets-limites, à leur tour, ont vu leur axe s'écrouler, donnant naissance aux deux sillons sur lesquels les lacs allongés se sont établis.

En d'autres termes, l'Afrique orientale est un grand voussoir surélevé, dont l'axe, orienté du nord au sud, a sensiblement fléchi, et que flanquent, sur les côtés, deux voûtes plus brusques et plus localisées, ou du moins deux plis violents, dont les axes, par leur écroulement, ont donné naissance chacun à un *graben* ou fossé.

De la sorte, il y a bien eu chute d'une bande, *mais seulement à l'endroit où la surélévation préalable avait été exceptionnelle* ; et ainsi la notion de descente du terrain, qui semblait tout dominer, pâlit absolument devant celle d'une *surélévation*, appliquée à une large zone, et qui a trouvé sa contre-partie, soit dans des flexions, soit dans la formation de fosses linéaires.

Nulle part cette allure n'apparait mieux que dans le massif éthiopien, où les terrains les plus anciens, ceux qu'on appelle *archéens*, c'est-à-dire les micaschistes et les gneiss, sont soulevés à près de 3000 mètres, comme compensation de deux sillons latéraux, celui de gauche, où coule le Nil, celui de droite, moins continu, mais où s'échelonnent, à partir des lacs Rodolphe et Stéphanie, le cours de l'Omo, diverses cavités lacustres bordant le pays des Somalis, enfin la dépression d'Asale, qui vient toucher la Mer Rouge.

Cependant, si significative que soit la situation du haut massif éthiopien, elle est encore dépassée, au point de vue de la netteté des indications résultantes, par les circonstances qui caractérisent, entre les lacs Albert-Édouard et Albert, la montagne du Rouwenzori ou Rounsoro.

On sait que les atlas figuraient autrefois, sous le nom de Montagnes de la Lune, un massif important, situé sous l'équateur, dans la région des sources du Nil. Plus tard, l'existence de ces montagnes fut mise en doute, et Stanley, dans sa mémorable traversée de l'Afrique, faillit passer au pied sans les voir. Mais, un jour, la brume épaisse qui couvre constamment la partie basse de l'horizon, dans ce pays de soleil torride et de pluies équatoriales, s'étant dissipée, le célèbre voyageur aperçut un superbe massif, aux cimes couvertes de neige et dépassant 5000 mètres d'altitude. C'était le Rouwenzori.

Depuis lors, l'ascension de cette montagne a été faite

par M. Scott Elliott (1). Il a reconnu qu'elle formait une protubérance allongée du nord au sud sur 80 kilomètres, et que, s'inclinant à l'est sous un angle de 4 degrés seulement, elle descendait brusquement à l'ouest avec une pente de 22 degrés. Son pied aboutit ainsi, par 600 à 700 mètres d'altitude, à la cavité où coule la Semliki, rivière qui unit le lac Albert-Édouard avec le lac Albert, et que domine, du côté occidental, un brusque escarpement de 1200 mètres.

Cette allure est celle d'un pli brusque, d'une sorte de *genou*, dont la base aurait cédé, engendrant une fosse de plus de 1000 mètres de profondeur. Mais ce qui est remarquable, c'est qu'aucun terrain stratifié n'est intéressé dans cette dislocation. Sur toute sa hauteur, le Rouwenzori est constitué par des gneiss et autres roches archéennes. C'est un fragment de la plate-forme primordiale qui fait le soubassement de l'Afrique, dont Livingstone a pu dire que partout l'ossature archéenne et granitique *perçait sous la peau*.

Si l'on réfléchit que les cimes volcaniques du Kenia et du Kilimandjaro, les seules qui dépassent en hauteur le Rouwenzori, consistent, pour la grande partie de leur masse, en matériaux de projection, il sera permis de dire qu'au point de vue structural, la montagne du lac Albert-Édouard est la partie culminante de toute l'Afrique, bien qu'elle appartienne au terrain le plus ancien et le plus profond de la croûte terrestre.

Donc c'est un soulèvement, et un soulèvement énergique, qui l'a amenée dans cette position, sous peine de dire que, pour laisser cette bande unique en saillie, tout le continent africain a dû s'abaisser en masse, de part et d'autre, de plus de 5000 mètres de hauteur. On a, d'ailleurs, fait la remarque que l'axe de la bande culminante

(1) Voir QUARTERLY JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON, LI, p. 669.

africaine est la partie où le granite se montre prépondérant; et la tendance générale de cette roche à occuper la ligne médiane des plis saillants indique bien qu'il s'agit ici d'une voûte.

Ainsi le *graben* occidental de l'Afrique, s'il est le résultat incontestable d'un effondrement, coïncide avec un fait exceptionnel de surélévation : c'est ou bien une clef de voûte rompue, ou le résultat de la chute du flanc occidental d'un pli trop brusque. De toute manière, c'est la contre-partie d'un effort de ridement, où la chute de haut en bas ne s'est produite que parce que le mouvement de bas en haut (composante verticale d'une pression latérale) avait été trop énergique, pour le degré de résistance des roches affectées.

Poursuivons maintenant, vers le nord, l'étude des dislocations qui prolongent les cassures africaines. Nous trouverons que la Mer Rouge, dans sa partie centrale, est une fente ouverte juste au milieu d'un dôme archéen, de part et d'autre duquel, en Afrique comme en Arabie, on voit plonger en sens inverse les couches des terrains crétacés et tertiaires. Là encore, il y a rupture d'une voûte.

Plus au nord, à la pointe de la péninsule du Sinaï, on voit se réunir, en quelque sorte, par convergence, les deux lignes africaines de dislocations. Et là prend naissance le long accident si homogène qui peut être suivi, à travers la Judée et la Cœlésyrie, presque jusqu'au contact des plis du Taurus.

Ce sillon commence par le golfe étroit et linéaire d'Akaba, qui débute sur la Mer Rouge avec 128 mètres de profondeur, mais offre bientôt un ombilic de 1280 mètres de fond, avec des parois abruptes et flanquées d'immenses récifs de corail, aujourd'hui soulevés. Puis vient la dépression de l'Ouadi-el-Arabah, laquelle trouve sa prolongation naturelle, mais avec une direction méridienne bien accen-

tuée, dans le Ghor de Palestine, c'est-à-dire la Mer Morte, la vallée du Jourdain et le lac de Tibériade.

La coupe de la Mer Morte a été récemment donnée, avec d'abondants détails, par M. Max Blanckenhorn (1). Elle peut se résumer dans la figure 2.

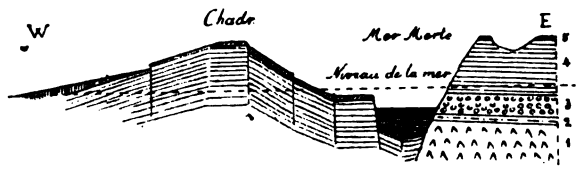


Fig. 2. — Schéma de la dislocation de la Mer Morte *(d'après M. Blanckenhorn).*

1. Terrain archéen; 2. Grès et calcaires permo-carbonifères; 3. Grès cénomanien; 4. Calcaires et marnes du cénomanien; 5. Marnes sénoniennes et craie à silex.

A partir de la Méditerranée, les assises du crétacé supérieur s'élèvent constamment, dans la direction de l'est, jusqu'au sommet dominant la Mer Morte par 860 mètres d'altitude. Alors une chute en échelons, qui ramène constamment les mêmes couches à des niveaux de plus en plus inférieurs, finit par les abaisser fort au-dessous du lac (lui-même a sa surface à environ 400 et son fond vers 800 mètres au-dessous de la Méditerranée).

Mais il en est autrement sur la rive orientale. Là, tous les terrains en place, couronnés par le même crétacé supérieur qui s'inclinait sur la pente de l'ouest, se montrent par leurs tranches, laissant même apercevoir leur base de terrain archéen, qui prouve que ce coin de l'Asie participe encore nettement de la structure africaine.

Il est donc certain que l'ensemble des deux versants qui encadrent la Mer Morte représente une voûte, un véritable bourrelet, sur lequel la craie a été portée à une hauteur plus grande que partout ailleurs. Est-ce la clef de cette voûte qui s'est effondrée, de travers et par morceaux

(1) ZEITSCHRIFT DES DEUTSCHEN PALÄSTINA VEREINS, XIX.

descendant de l'ouest à l'est, ou bien y a-t-il eu combinaison plus compliquée d'une faille, jalonnant la rive orientale, et d'un anticlinal à flanc rompu vers l'est, ayant son axe sur la crête de la rive occidentale ? Cela importe fort peu. L'essentiel est que ce *graben* de la Mer Morte, où l'idée de chute et d'effondrement semblait si fort prédominante, soit placé juste dans l'axe d'un bourrelet culminant.

Il en est exactement de même du Liban, ou plutôt de la combinaison du Liban et de l'Anti-Liban, avec le sillon de la Cœlésyrie ou *Syrie creuse* entre les deux. Les coupes de M. Diener, données dans son ouvrage intitulé *Libanon*, nous montrent (fig. 3) que le Liban est formé par des

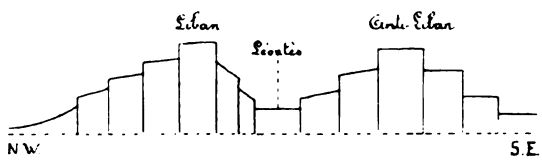


Fig. 3. — Diagramme de la disposition réciproque du Liban et de l'Anti-Liban.

paquets de terrain crétacé, principalement de calcaires compacts, de plus en plus soulevés de l'ouest à l'est, de manière à former, jusque vers 3000 mètres de hauteur, les marches successives d'un gigantesque escalier.

Du côté oriental, la chute est beaucoup plus brusque, jusqu'au sillon dont le point de partage, à 1100 mètres d'altitude cette fois, (et non plus au-dessous du niveau de la mer), sépare l'Oronte du Léontès. Enfin l'Anti-Liban reproduit les mêmes circonstances, mais d'une façon moins dissymétrique. C'est donc, par excellence, le type d'une clef de voûte rompue ; et vouloir l'expliquer en admettant la permanence de deux piliers linéaires, coïncidant l'un avec la crête du Liban, l'autre avec celle de l'Anti-Liban, et qui seraient demeurés en place quand tout leur entourage s'effondrait, est véritablement porter un défi à toutes les probabilités mécaniques.

Le défi est d'autant plus manifeste, que sur les flancs de

la double chaîne s'appuient les sédiments inclinés du tertiaire ; que ces sédiments se sont autrefois, sans le moindre doute, étendus au-dessus de l'axe du bombement, d'où l'érosion les avait enlevés avant que se produisît l'effondrement de cet axe. Par conséquent, c'est de beaucoup plus de 3000 mètres qu'il faut abaisser le niveau de la mer, entre l'époque tertiaire et la nôtre, pour expliquer cette structure par un simple effondrement.

En résumé, sur toute son étendue, aussi bien au sud qu'au nord, la grande zone des dislocations africaines, érythréennes et syriennes offre les mêmes caractères. C'est essentiellement un bourrelet culminant. Mais l'effort de dislocation, au lieu d'affecter un ensemble de terrains suffisamment plastiques, a partout rencontré des massifs rigides. Tantôt, comme en Afrique, il les a trouvés peu ou point recouverts, produisant alors des ruptures linéaires où l'allure de voûte ne se reconstitue que par la topographie. Tantôt, comme en Palestine, il y avait, au-dessus du terrain résistant, une nappe suffisante d'assises assez plastiques pour que leur déformation mît le pli en évidence. Mais, dans un cas comme dans l'autre, la chute engendrant les fosses rectilignes s'est produite dans l'axe d'un pli où la surrection était et demeure encore portée à son maximum.

Par conséquent, ne voir dans ces dislocations que des *fossés ;* n'attacher d'importance qu'à la chute verticale, comme certaine école semble disposée à le faire, c'est se comporter comme si, après avoir longtemps parcouru des plaines, et voyant tout à coup surgir devant soi une grande chaîne de montagnes, avec les gorges profondes qui la déchirent, on s'écriait : « Que de creux ! Que de vides ! » Singulière impression, on en conviendra, quand celle de l'énorme saillie du massif devrait tout dominer !

Les arguments que nous venons de faire valoir sont d'ordre géologique et, quelle que soit leur simplicité, peut-

être ne les jugera-t-on pas accessibles à tous. Aussi convient-il maintenant de rechercher si la nature actuelle ne nous offrirait pas quelques exemples, attestant la mobilité de l'écorce terrestre, et la faculté qu'elle possède, non seulement de monter ou de descendre en masse, mais de se déformer par gauchissement.

A titre de transition, nous invoquerons l'exemple de la Scandinavie, où des faits géologiques, empruntés aux plus récents parmi ceux qui aient précédé notre époque, se combinent dans ce sens avec des observations contemporaines.

Vers l'époque où l'homme habitait, dans la France centrale, les cavernes où ont été trouvés les instruments et objets sculptés de l'âge du renne, un grand glacier couvrait encore la Finlande, déposant à son extrémité, sur la partie méridionale du pays, la chaîne de moraines terminales qui forme ce qu'on appelle aujourd'hui le bourrelet de la *Salpausselkä* (1).

Au pied de ce bourrelet s'étendent d'anciennes plages marines, renfermant des coquilles arctiques. On a reconstitué les rivages de la mer correspondante, appelée mer à *Yoldia*, du nom du mollusque qui en caractérisait la faune. Il a été ainsi reconnu que cette mer, passant à travers la Suède, du Skager-Rak à la Finlande, noyait ce qui forme aujourd'hui le territoire des lacs Venern, Yelmaren et Mälaren, avec une bonne partie du littoral baltique jusqu'au fond du golfe de Bothnie. Les eaux, franchement salées, nourrissaient alors des huîtres; et c'était le temps où les premiers habitants de la péninsule danoise, après s'être nourris de ces mollusques, en rejetaient les débris sur le rivage, construisant les curieux amas appelés *déchets de cuisine* ou *kjoekkenmoeddinger*.

Bientôt cet état de choses prit fin. La région se souleva,

(1) Voir le *Livret-guide du Congrès géologique de Saint-Pétersbourg en 1897*.

et la Baltique se trouva transformée en un lac d'eau douce, dont les rivages ont laissé des traces à 40 ou 45 mètres au-dessus du niveau de la mer actuelle. Dans ce lac vivaient des limnées, ainsi qu'un mollusque du genre *Ancylus*. D'autre part, le lac se vidait dans la mer du Nord par le Sund, le Grand Belt et le Petit Belt, détroits dont on a depuis longtemps remarqué l'analogie de structure avec des lits fluviaux.

A cette époque, le golfe de Bothnie devait s'être plus fortement abaissé que la Baltique proprement dite, car les dépôts de cet âge s'observent à 100 mètres d'altitude près d'Hernösand, alors qu'ils ne dépassent pas 25 mètres dans les parages de Gothland. Ce n'était donc ni un mouvement propre de la mer, ni un déplacement vertical en masse de l'écorce qui produisait ces vicissitudes. Il y avait réellement déformation de la surface.

La durée du lac à *Ancylus* n'a pas été très longue, et un affaissement des détroits a bientôt permis le retour de l'eau salée, entraînant l'apparition, jusqu'au fond du golfe de Bothnie, des mollusques marins du genre *Littorina*. Enfin une dernière oscillation, entraînant un léger relèvement du fond des détroits, a rendu plus difficile l'accès de l'eau de mer, si bien que de nos jours, à l'est de Bornholm, la Baltique ne contient plus que 7 pour cent de sel, tandis qu'on en trouve 35 dans la mer du Nord.

Ces alternatives, toutes imputables à des mouvements propres de l'écorce, sont à rapprocher de celles qui affectaient en même temps le sol des Pays-Bas et de la Belgique, produisant, sur les côtes de la Flandre et de la Campine, les invasions *moséenne* et *flandrienne* de la mer, mises en lumière par les travaux de MM. Rutot (1) et Michel Mourlon (2).

Ainsi, aux temps préhistoriques, alors même que l'his

(1) BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOLOGIE, XI (1897).
(2) BULL. DE L'ACAD. ROYALE DE BELGIQUE, XXXII, XXXIII.

toire proprement dite était déjà ouverte dans les contrées méditerranéennes, les côtes du nord de l'Europe donnaient des marques d'une instabilité, qui est d'ailleurs loin d'avoir dit son dernier mot ; car les études de M. Sieger (1) ont montré que le fond de la Baltique continue à se soulever, et que le mouvement, à peu près nul dans l'axe du golfe de Bothnie, atteint vers Stockholm une amplitude d'environ 47 centimètres par siècle.

Nous voilà loin, on le voit, de ces mystérieux mouvements *eustatiques*, assez complaisamment admis par M. Suess, comme s'ils témoignaient de changements survenus dans la forme de l'hydrosphère (2), indépendamment de toute dislocation de l'écorce !

Mais il ne doit pas nous suffire d'avoir mis en évidence l'existence de déformations par gauchissement dans l'écorce terrestre. Il faut aller plus loin, et chercher s'il n'existerait pas, au temps présent, de preuves d'un soulèvement linéaire en voie d'accomplissement.

Ces preuves vont nous être fournies par l'Océan Pacifique, et il n'est pas sans originalité d'aller les chercher juste dans la région où Darwin et Dana, dans l'exposé de leur célèbre théorie des récifs coralliens, croyaient voir s'accomplir un processus continu d'affaissement.

On sait qu'en avant de l'Australie s'étendent des terres allongées, telles que la Nouvelle-Guinée et la Nouvelle-Calédonie, qui sont formées de terrains relativement anciens, et dessinent une traînée qui se recourbe à angle droit pour aller rejoindre la Nouvelle-Zélande.

En avant de cette traînée, il en existe une autre, celle qui comprend les îles Salomon ainsi que les Fidji, et où l'on ne connaît que deux sortes de formations : celles d'origine volcanique et les constructions coralliennes ; ces

(1) ZEITS. DER GESELLSCHAFT FUR ERDKUNDE, Berlin 1893.
(2) *La Face de la Terre*, trad. française, I. p. 21.

dernières offrant d'ailleurs tous les types connus, récifs-frangeants, récifs-barrières et atolls.

Les récentes observations de M. Alexandre Agassiz (1) lui ont fait découvrir, aux îles Fidji, nombre d'anciens récifs coralliens, soulevés jusqu'à plus de 200 mètres au-dessus de la mer, et dont la base bien visible est constituée par des boues volcaniques. Aucun de ces récifs, considérés individuellement, n'a une épaisseur supérieure à celle de la zone bathymétrique des coraux constructeurs. Aucun donc ne porte la moindre trace d'un affaissement, qui aurait permis l'épaississement de la construction corallienne. En revanche, par la position qu'ils occupent aujourd'hui, tous attestent un soulèvement plusieurs fois rafraîchi.

Plus décisives encore sont les observations recueillies aux îles Salomon par un médecin de la marine anglaise, M. Guppy (2). Ces îles, dont quelques-unes sont très hautes, se montrent toutes entourées de constructions coralliennes, montant par endroits jusqu'à 270 mètres d'altitude. On croirait, à voir ces calcaires, que leur épaisseur est considérable. Mais d'abord il est aisé de constater qu'ils se divisent en terrasses successives, la distance verticale de deux terrasses voisines n'excédant jamais 40 ou 45 mètres.

Ensuite, quand on se donne la peine de remonter les ravins qui les entament, on reconnaît que les calcaires ne constituent qu'un mince placage, à la surface d'un noyau formé de roches éruptives anciennes, toutes remarquablement cristallines. Ces roches, d'aspect parfois gneissique, sont des diorites, des diabases, des gabbros, des serpentines. M. Judd, qui les a examinées, estime qu'elles n'ont pu se former, telles quelles, qu'à une grande profondeur, et il ajoute que l'état de leur surface dénote

(1) AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE, 1897.
(2) *The Solomon islands*, London, 1887.

une altération très ancienne, poursuivie, selon toute apparence, sous une grande épaisseur d'eau.

D'un autre côté, il arrive souvent que la construction corallienne ait pour base un calcaire avec foraminifères ou ptéropodes, dans lequel on reconnaît une de ces formations que la drague du *Challenger* a si fréquemment rencontrées, autour des îles volcaniques, par des profondeurs de plusieurs centaines de mètres.

De tout cela il semble résulter que la chaîne si remarquablement linéaire des îles Salomon, prolongée jusqu'aux Fidji, représente un *bourrelet en voie de formation*. Une série, longtemps prolongée, de mouvements verticaux, a fini par amener, à des centaines de mètres au-dessus de la surface de la mer, des terrains qui, dans l'origine, s'étaient formés sous plusieurs kilomètres d'eau.

Chacune des terrasses coralliennes marque une étape, une phase de repos, dans le processus du soulèvement, cette étape ayant permis aux coraux de conquérir de l'espace en avant, de manière à constituer une plate-forme, dont la reprise du mouvement a interrompu la formation. Les observations de M. Guppy le conduisent à penser que chaque impulsion a eu de $1^m,30$ à $1^m,50$ d'amplitude, et que le soulèvement survenu depuis la découverte des îles par les Espagnols, au milieu du XVIe siècle, n'a été que d'un petit nombre de mètres.

Du reste, la hauteur actuellement atteinte par les constructions coralliennes ne donne pas, à beaucoup près, le total du soulèvement survenu depuis que le mouvement interne a amené le bourrelet des Salomon dans la zone des coraux. En effet, dans ces régions tropicales, l'intensité de la pluie est considérable, et les eaux ruissellent avec une telle violence qu'elles ont bientôt fait de débiter les calcaires. Il est donc certain qu'elles ont dû faire disparaître entièrement des masses qui s'élevaient, dans l'origine, au-dessus de celles qu'on peut encore observer de nos jours.

En même temps que surgissait le bourrelet des Salomon, il est à croire que des fosses abyssales se formaient contre son pied, comme ces fosses, si profondes et si étroites, que les récents sondages du *Penguin* ont récemment fait connaître le long de la base du plateau sous-marin des îles Tonga. Cette opposition est de règle dans les dislocations de l'écorce. Elle témoigne du glissement de deux compartiments en contact, le long d'une ligne de rupture qui permet l'accès des matières volcaniques. Et ainsi s'explique comme quoi des volcans modernes sont venus s'implanter sur la partie culminante de la ride des îles Salomon.

Mais ici encore, l'affaissement est tout local et apparaîtrait comme la contre-partie d'un bourrelet remarquablement saillant.

Peut-être y a-t-il quelque témérité à vouloir étendre la portée de ces curieuses observations. Pourtant, nous ne pouvons résister au désir d'émettre à cet égard quelques inductions.

Toutes les chaînes d'îles qui entourent, à grande distance, les rivages orientaux de l'Asie, offrent ce caractère, d'être les sommets de Cordillères en grande partie submergées, dont le pied, du côté du Grand Océan, est longé par des fosses abyssales, parfois de plus de 8000 mètres, et que couronnent des volcans actifs. En arrière, entre les îles et le continent, s'étendent des dépressions parfois très profondes, qui témoignent d'autant d'effondrements.

Est-ce le continent asiatique qui se morcelle, laissant voir dans les chaînes extérieures des îles son ancien rivage ? Nous ne le pensons pas ; car la géologie nous fournit mainte preuve qu'aux diverses époques géologiques, le contour du Pacifique différait très peu de ce qu'il est aujourd'hui. D'autre part, les terrains tertiaires abondent sur les îles, et y sont parfois portés à des altitudes de plus de 1000 mètres.

Si donc la terre ferme semble avoir perdu par quelques effondrements, elle a, semble-t-il, gagné au moins autant par la surrection des rides extérieures. Il n'est donc pas défendu de prévoir le moment où ces rides, définitivement dressées, formeront le rivage de l'Océan Pacifique, tandis que les anciennes dépressions situées en arrière deviendront, ou des mers intérieures, ou des cuvettes destinées, comme celles de la Mandchourie et de la Mongolie, à un rapide assèchement.

Mais arrêtons-nous ici. Les géologues ont assez à faire de débrouiller les mystères du passé, pour n'avoir pas à s'aventurer dans ceux de l'avenir. Il doit nous suffire d'avoir accumulé les arguments, de théorie et de fait, en faveur de cette notion qui, après tout, semble relever du simple bon sens : à savoir que la pesanteur ne détermine de chutes et n'engendre de *graben* que quand, au préalable, un mouvement ascensionnel lui a fourni l'occasion d'agir.

Imaginer que, sous une écorce sphérique et non déformée, il puisse se produire des vides, qui détermineraient la chute d'une zone, c'est tenir peu de compte de l'action de la gravité, qui doit toujours suffire à appuyer l'écorce contre son support. D'ailleurs, si de tels affaissements avaient lieu, c'est dans les zones déprimées qu'on devrait les constater; tandis que, nous l'avons vu, les fosses du genre *graben* mettent une véritable malice à se tenir sur la partie culminante des bourrelets; telles les dislocations africaines, érythréennes et syriennes ; telle la fracture du Rhin entre les Vosges et la Forêt-Noire.

Au contraire, si par l'effet de la pression tangentielle, dans une écorce à laquelle la contraction du noyau a donné une ampleur surabondante, un pli vient à se former, on comprend sans peine que, suivant la nature des terrains affectés par ce mouvement, un vide puisse subsister dans l'axe du bourrelet; auquel cas le tassement définitif de l'accident pourra faire naître des effondre-

ments. Mais ce seront des phénomènes consécutifs, et c'est à eux, non aux plissements, que devra s'appliquer l'épithète de *Begleiterscheinungen*.

Telles étaient déjà nos conclusions en 1890, alors qu'on ne possédait pas des preuves aussi formelles qu'aujourd'hui en faveur de la mobilité actuelle de l'écorce, et que surtout on n'avait aucune idée de l'ampleur des soulèvements sur le bord du Pacifique. C'est donc avec plus de confiance encore que nous les présentons, dans le dessein de réagir contre l'engouement excessif avec lequel la doctrine adverse a été accueillie par un bon nombre des géologues de la génération présente.

A. DE LAPPARENT,
de l'Institut de France.

PUISSANCE DE L'IMAGINATION

Sueur de sang et Stigmates sacrés

La puissance de l'imagination n'est plus à démontrer : chacun croit l'estimer exactement, en connaître la vaste étendue, et tous la célèbrent à l'envi avec un enthousiasme lyrique. C'est au point qu'on peut se demander si elle a des limites, si elle n'est pas infinie. Ne le croirait-on pas en entendant raconter partout les faits les plus prodigieux, les cas les plus rares, les plus extraordinaires qu'on rapporte tout naturellement à l'imagination comme à leur seule et véritable cause ? Le fameux chancelier qu'on qualifie encore pompeusement de restaurateur de la science moderne et qui n'était au fond qu'un esprit fin, original et surtout paradoxal, François Bacon, a caractérisé l'engouement commun pour les vertus de l'imagination et en a donné la mesure en proposant sérieusement le problème suivant :

L'imagination n'est-elle pas assez forte pour faire mûrir des nèfles en vingt-quatre heures ?

L'expérience a-t-elle été faite ? Le problème a-t-il été résolu ? L'histoire ne le dit pas, et pour cause ; mais le trait de Bacon n'est pas stérile pour cela ; il montre clairement la nécessaire défiance qu'on doit avoir à l'égard des qualités supérieures que l'imagination s'attribue à elle-même, et l'impérieux devoir pour la raison de fixer les justes bornes de son incontestable pouvoir.

L'imagination ne s'exerce pas seulement dans son domaine propre, elle agit au dedans de nous et au dehors, sur l'intelligence, sur la volonté, sur l'organisme, sur le monde extérieur ou plus exactement sur nos semblables, et dans ce dernier cas par imitation et suggestion. Il faudrait de longues pages, tout un volume, pour la suivre sur ces terrains si divers. Nous voulons nous limiter ici à une partie déterminée du corps vivant, à la *peau* et voir si, comme on l'a prétendu récemment, l'imagination peut y provoquer des hémorragies, des *sueurs de sang* ou des *stigmates* comparables à ceux du Sauveur.

I

L'influence du cœur, c'est-à-dire des passions sur la face est bien connue; mais il ne faut pas oublier que l'imagination y a sa part, et, pour bien dire, une large part, et la première. Les passions ne se mettent pas *d'elles-mêmes* en mouvement, elles doivent être éveillées et excitées par l'imagination. C'est donc cette faculté qui est cause des changements de couleur que présente la face et qui traduisent si bien l'état de l'âme. La peur paralyse le sentiment, précipite les battements du cœur et donne au visage une pâleur soudaine et caractéristique; la honte, la colère, par un effet contraire, provoquent une rougeur éclatante. Ces alternatives singulières, qui se suivent parfois de très près, ont été expliquées depuis longtemps par la contraction et la dilatation des vaisseaux capillaires de la peau sous l'action des nerfs vasomoteurs et constituent de simples troubles de la circulation sanguine, *sans la moindre lésion organique :* elles sont dues au soulèvement violent des passions et sont absolument indépendantes de la volonté.

Il y a longtemps que le P. de Bonniot a montré que l'imagination, *même avec le concours des passions,* ne

sort pas du cadre physiologique et que son action ne dépasse jamais celle des nerfs. Nous aimons à citer le témoignage de ce savant philosophe qui corrobore utilement le nôtre. - L'influence de l'imagination, écrit-il, s'exerce par les passions qu'elle a la propriété d'exciter avec une facilité extrême. La tristesse trouble la digestion, rend malade; la paix de l'âme facilite le retour à la santé ; la peur et l'exaltation de la joie peuvent donner la mort. Les mouvements volontaires se rattachent fréquemment à la même cause : on rit, on saute, on chante, on bat des mains, parce que l'imagination réveille la crainte, la gaieté, le sentiment de l'harmonie, l'admiration. La pâleur, la rougeur soudaine du visage, les battements pressés du cœur, le tremblement des membres, tout ce qui tranche sur la couleur habituelle de la vie organique témoigne de la puissance de l'imagination. *Mais gardons-nous de rien exagérer.* L'imagination agit sur les passions et, par les passions, sur le système nerveux ; *son action a pour limite la limite même de l'action des nerfs.* Par les nerfs de la sensibilité, elle exalte ou déprime les sensations ; elle ne crée pas de nouvelles manières de sentir. Par les nerfs moteurs, elle active ou modère les mouvements généraux ou particuliers de l'organisme ; elle dilate ou resserre les vaisseaux, accumule ainsi ou bien dissipe les humeurs, en accélère ou en ralentit le cours : elle accroît ou diminue, si je puis parler de la sorte, l'énergie des phénomènes *ordinaires, elle n'en change pas la forme* (1). »

Comme le dit justement le P. de Bonniot, les faits imputables à l'imagination ne dépassent jamais le pouvoir des nerfs ; et il est facile, à la lumière de l'observation, de préciser leur nature. La sensibilité de la peau s'éveillera, par exemple, *sans excitation externe :* on sentira *subjectivement.* C'est ce qu'on peut appeler une *hallucina-*

(1) *Le miracle et les sciences médicales*, p. 84.

tion cutanée. Certaines personnes éprouvent ainsi, dans une région limitée, des impressions subtiles, des chatouillements, des picotements, quelquefois une véritable douleur : ce sont des sensations absolument subjectives, mais très nettement constatées, et que l'imagination est capable de produire. De même que la face se couvre de pâleur ou de rougeur sous une passion vive, nous admettons que des points de la peau peuvent être atteints de rougeurs, de véritables érythèmes, soit par une suggestion intense, soit par le seul effet de l'imagination. Ces phénomènes sont très rares, et leurs conditions mal établies ; mais nous les tenons pour possibles.

Nous sommes, pour la plupart, incapables, avec la meilleure imagination du monde, de faire venir *à notre gré* une rougeur ou un bouton sur une partie quelconque de la peau.

Nous sommes *tous* impuissants à provoquer volontairement, sans aucune action extérieure, une hémorragie cutanée, des stigmates sanglants aux mains et aux pieds.

Voilà l'enseignement qui résulte de l'observation et que la science ne permet pas de contredire.

Tous les profanes, même les philosophes ne s'y rendent pas aisément et se persuadent qu'à l'imagination *tout est possible.* C'est ainsi que, dans un livre récent, le R. P. Coconnier n'hésite pas à lui attribuer les *sueurs de sang* et appuie sa thèse d'arguments singuliers que nous devons reproduire malgré leur longueur, parce qu'ils traduisent bien le sentiment vulgaire et appellent une réfutation nécessaire.

« Pour se convaincre, écrit-il, qu'une imagination vivement excitée peut produire, en certains sujets, des exsudations sanguines ou autres phénomènes semblables, il suffit de se rappeler ce que l'expérience vulgaire, ce que tous les livres de psychologie et de physiologie qui traitent de « l'action du moral sur le physique » nous disent du pouvoir surprenant de cette faculté et de ce qu'elle opère,

soit par elle-même, soit par les autres puissances qu'elle met en œuvre. Qui n'a entendu ces formules, répétées jusqu'à devenir banales : l'imagination, par ses tableaux, dilate le cœur ou le serre, accélère ses mouvements ou les ralentit, jette le sang au visage ou le refoule à l'intérieur, glace d'épouvante, enflamme de colère, donne des nausées, provoque la sueur brûlante ou froide, fait blanchir les cheveux dans une nuit, cause ou guérit des maladies très réelles, arrête ou stimule l'action des nerfs, enfin, par la rupture violente des vaisseaux sanguins dans les régions cardiaques ou cérébrales, amène une crise fatale ou tue à l'instant même ? »

Et les exemples suivent, innombrables ; et on ne manque pas surtout de vous rappeler ces paroles de Flaubert écrivant à Taine : « Mes personnages imaginaires m'affectent, me poursuivent, ou plutôt c'est moi qui suis en eux. Quand j'écrivais l'empoisonnement d'Emma Bovary, j'avais si bien le goût d'arsenic dans la bouche, j'étais si bien empoisonné moi-même, que je me suis donné deux indigestions, coup sur coup, deux indigestions très réelles, car j'ai vomi tout mon dîner » ; et l'on vous parle de ces hypocondriaques qui, à force de se croire malades, le sont devenus très gravement, ou de ces goutteux en pleine crise qu'un incendie ou un accident de chemin de fer dont ils allaient être victimes ont subitement rendus ingambes ; et l'on vous cite les effets prodigieux des pilules de mie de pain solennellement administrées à des malades réfractaires aux médications les plus énergiques ; et ce jeune ouvrier-imprimeur de Bordeaux qui, se croyant épileptique, parce qu'il avait été mordu par un chien que tout le monde à l'atelier disait être atteint d'épilepsie, souffrit pendant plusieurs mois d'accès effroyables, jusqu'à ce que M. le professeur Pitres le guérit radicalement d'un seul coup, en lui persuadant qu'il allait lui administrer le remède de Pasteur, alors qu'il lui injecta tout simplement sous la peau de l'avant-bras un centimètre

cube d'eau stérilisée; et cette femme à qui une vive contrariété fit vomir le sang; et ce mot bien connu du médecin John Hunter : « Ma vie est à la merci du premier gredin qui voudrait me faire mettre en colère », mot très juste, puisque l'infortuné docteur mourait, peu de temps après, subitement dans un accès de colère; et enfin l'histoire de cette pauvre mère qui, apprenant que sa fille venait d'échapper à un horrible danger, tomba frappée d'apoplexie, *tuée par la terreur et par la joie* (?).

« Au récit de tous ces faits et de milliers d'autres semblables, une réflexion naît spontanément dans l'esprit. Si l'imagination est si puissante, comment ne pourrait-elle pas, supposé que son activité soit dirigée dans ce sens, produire des hémorragies et des exsudations à la surface du corps ? Quoi donc ! elle peut *créer des maladies, corrompre les humeurs*, « tourner le sang », suivant l'expression populaire si énergique et si vraie, *produire des lésions organiques internes* d'une extrême gravité, *rompre les vaisseaux sanguins du cerveau et des poumons, briser le cœur*, et elle serait incapable de distendre le tissu des vénules et d'élargir les pores de la peau, de manière à donner passage à quelques gouttelettes de sang ? Mais cela est contraire à toute vraisemblance et à toute raison; *car qui peut le plus peut le moins*. Or, rompre une veine et tuer, est certainement plus que distendre seulement un tissu, ouvrir les pores, et causer une légère hémorragie (1). »

La physiologie enseigne-t-elle, comme l'affirme témérairement notre auteur, que l'imagination *altère et décompose le sang*, attaque et brise les existences humaines ? Nullement, et ce n'est pas l'unique citation qu'on nous oppose qui pourrait nous convaincre. « L'imagination, a dit le Dr Bosquillon, est *une sorte de virus, qui peut tuer et tue souvent*. » Cet excellent naturaliste, professeur de

(1) *L'Hypnotisme franc*, p. 398-401.

sciences accessoires à la Faculté de médecine de Paris, a voulu rire et ne sera pris au sérieux par aucun savant. *L'imagination n'a jamais tué personne.*

A-t-elle la puissance de rompre une veine ou une artère, de causer une apoplexie ? Pas davantage, et tous ceux qui sont initiés à l'anatomie pathologique savent bien les causes déterminantes des apoplexies. Un vaisseau sain, dont les parois sont histologiquement intactes, ne se rompt pas, même avec le concours des plus violentes passions et de la plus ardente imagination. Pour que cet accident arrive, une condition préalable est absolument nécessaire : c'est la lésion des parois vasculaires qui résulte d'un trouble ancien de la nutrition, c'est l'*athérome* des tuniques artérielles. Voilà la vraie cause de l'hémorragie subite qui brise le cours de la vie ou la compromet gravement : la violence des passions, la force de l'imagination n'en sont que l'occasion prochaine et la condition seconde.

L'imagination n'est pas capable d'*altérer* ni de *décomposer le sang :* aucun physiologiste du moins ne lui a reconnu ce pouvoir, et le P. Coconnier en est réduit, pour établir sa thèse, à invoquer l'enseignement du passé, à s'appuyer sur les auteurs du moyen âge et sur saint Thomas en particulier. L'autorité de ces auteurs est bien faible en matière scientifique, et l'argument du *Magister dixit* n'est vraiment pas de mise ici. Saint Thomas enseigne formellement, *comme le P. Coconnier*, que l'imagination *seule* peut quelquefois *créer des maladies ou les guérir*. Les physiologistes de profession, ajoute notre dominicain, remarqueront la portée effrayante des textes du saint docteur. « *A l'imagination*, dit-il, si elle est forte, *le corps obéit naturellement* en plusieurs choses : par exemple, *dans les altérations organiques qui se font par la chaleur et par le froid* et ce qui s'ensuit. C'est qu'en effet de l'imagination naissent les passions de l'âme qui ont leur retentissement dans le cœur : d'où il résulte, par l'agitation des esprits, que *tout le corps est altéré*... De ce que l'âme

imagine quelque chose et en est vivement frappée, il s'ensuit quelquefois une modification dans le corps *d'où résulte la santé ou la maladie sans l'action des agents matériels qui normalement causent la maladie ou la santé...* Le corps peut être modifié et changé *en dehors des agents* physiques, principalement par une imagination fixe, en suite de laquelle le corps s'échauffe soit par les désirs, soit par la colère, ou même EST ALTÉRÉ JUSQU'A LA FIÈVRE ET A LA LÈPRE. »

Arrêtons-nous ici pour demander sérieusement au P. Coconnier s'il croit, *comme son maître*, à la *lèpre imaginative* et aux noirs forfaits du même genre dont serait coupable la « folle du logis ». Les savants ont l'audace de ne pas les admettre, et même d'en rire, loin d'en avoir peur. Saint Thomas avait la *science de son temps;* s'il vivait de nos jours, il serait le dernier à attribuer à l'imagination des vertus nocives, une puissance disproportionnée et injustifiable; il serait le premier à accepter la science actuelle, à connaître et à défendre la théorie microbienne, le premier à savoir que la lèpre a pour générateur un bacille et non la faculté sensible. Ce qu'il faut garder et développer, du célèbre Docteur, c'est son superbe enseignement philosophique, qui brave le temps et la critique, et non ses opinions médicales ou physiologiques qui n'ont plus de valeur et qu'il serait encore une fois le premier à abandonner. On sert bien mal sa grande mémoire en rappelant ainsi ses erreurs, en les défendant sans mesure ni raison, et en en faisant des armes offensives contre la science de la nature et contre la vérité.

II

La *sueur de sang* ou *hématidrose* est un phénomène étrange, extraordinaire. Le seul exemple authentique et indiscutable qu'en rapporte l'histoire est celui de Notre

Seigneur Jésus-Christ au jardin des Oliviers. La sueur de sang du Sauveur paraît singulière, mais n'est sans doute qu'un phénomène naturel. Les anciens théologiens n'hésitent pas à le déclarer, et le P. Coconnier nous fait connaître leur concordant témoignage.

« Je dis, écrit Suarez, que, *sans miracle spécial*, le Christ Jésus *sua le sang, par la violence de la tristesse et de l'agonie* qu'il souffrit dans sa prière... Cela peut s'expliquer, comme le fait Cajetan, par une raison naturelle et physique. Car, de même qu'une grande émotion produit violemment la sueur, ainsi une émotion intense, si les sources de la sueur sont taries, peut faire sortir le sang (!)... Le corps du Christ était affaibli et épuisé ; il put dès lors se faire *que, la sueur étant tarie, le sang coulât, chassé par la violence de la peine intérieure (?).* »

« Bien qu'il y en ait, dit un autre maître de la Compagnie de Jésus, Maldonat, qui pensent que la sueur de sang du Christ a été un miracle, j'estime plutôt que cette sueur fut naturelle. *Aristote affirme que le fait peut se produire naturellement*, et que, de vrai, il s'est produit ; et la raison enseigne, en effet, que, dans les hommes d'une constitution exceptionnellement délicate, *ce phénomène peut avoir lieu (!)*. Pourquoi, de même que nous voyons des hommes saisis d'une frayeur subite se couvrir de sueurs, le Christ, dont le corps était si délicat, *n'aurait-il pas naturellement sué du sang*, au spectacle de l'ignominieux supplice qui l'attendait ? »

Le savant bénédictin Dom Calmet s'est occupé aussi de la sueur de sang de Jésus-Christ et lui a consacré toute une dissertation : il épouse complètement le sentiment de Suarez et de Maldonat. « L'opinion commune des théologiens, écrit-il, enseigne que cette sueur de sang fut naturelle, mais coula plus violemment et en plus grande abondance que cela n'arrive d'ordinaire. Et, de fait, les exemples abondent (!) d'une *sueur de sang se produisant, sans miracle, sous le coup d'une frayeur subite.* »

Le grand pape Benoît XIV s'en réfère absolument sur ce point à l'opinion de Dom Calmet. « Si quelqu'un, écrit-il, veut connaître des exemples de sueurs de sang et de larmes de sang, *ayant coulé sans miracle aucun*, il peut lire sa dissertation d'une érudition vraie... D'autres faits sont aussi rapportés par Marcel Donat et Réjès, lesquels démontrent parfaitement que des larmes et des sueurs de sang *ont coulé naturellement, non seulement quand il y a eu maladie du corps, mais simplement par tristesse et peine d'esprit*... Puis donc que des sueurs de sang et des larmes de sang ont pu naturellement, en certains hommes, *résulter de certains états d'âme violents*, le Christ Jésus, sous le poids de l'affliction, a bien pu, *sans miracle*, verser des gouttes de sang coulant jusqu'à terre. »

Il résulte de ces textes autorisés que la sueur de sang, même chez Jésus-Christ, n'est pas nécessairement miraculeuse, et qu'il est permis d'en chercher la cause dans la physiologie. Mais, il faut l'avouer, cette cause naturelle n'est pas révélée, elle est encore indéterminée, et l'*hématidrose* reste un phénomène aussi merveilleux qu'inexplicable. Quoi qu'en disent nos savants théologiens, la frayeur et l'affliction, la tristesse et la peine d'esprit ne suffisent pas à produire — ni à expliquer — la sueur de sang; et ce qui le prouve, c'est que ces passions sont communes à tous les hommes, excessives chez beaucoup, et que la sueur de sang est absolument exceptionnelle. Dom Calmet affirme bien, sur la foi d'autrui, que les exemples abondent; mais la science actuelle, plus exigeante, n'arrive pas à en réunir quelques cas authentiques. Les observations positives de *sueurs de sang* manquent; celles d'hémorragie légère, de suintement sanguinolent par la peau se comptent, et plusieurs sont très contestables. Admettons cependant l'existence de la sueur de sang, mais considérons-la comme des plus rares.

Cette sueur de sang, acceptée pour possible et naturelle, s'explique-t-elle scientifiquement? Il est bien difficile

de répondre affirmativement ; car, de toutes les hypothèses proposées pour rendre raison du singulier phénomène, aucune n'est vraiment satisfaisante. La plus probable se rattache à l'ordre pathologique et attribue l'hématidrose à un vice constitutionnel, à l'*hémophilie*. Mais, comme nous l'avons démontré ailleurs, l'effet n'est nullement en rapport avec la cause prétendue. « L'hémophilie est une affection rare, et les hémorragies profuses, fréquentes, graves, qui la traduisent ont toujours pour siège la muqueuse mince et friable. C'est ainsi que l'hémophilique perd abondamment le sang par les narines, la bouche, les yeux, la gorge, l'estomac, etc., etc., mais jamais par la peau saine et intacte. Aucune raison n'autorise à regarder comme hémophiliques les sujets qui éprouvent des sueurs de sang. Dans le passé, la vérification est difficile et n'a jamais pu être faite, mais de nos jours les observations recueillies avec soin établissent sans contestation possible que les sueurs de sang se produisent chez des sujets exempts d'hémophilie (1). »

Si les maladies du corps n'en rendent pas compte, les facultés normales, la sensibilité comme la volonté, sont encore plus impuissantes à les expliquer. On ne saurait, avec les anciens auteurs, attribuer l'hématidrose à l'effort d'une imagination ardente et concentrée. La science n'a encore enregistré que deux ou trois observations, plus ou moins contrôlées, de transpiration sanguinolente survenue à la suite d'émotions violentes ; et toutes réserves doivent être faites sur ces cas extraordinaires qui remontent à une époque éloignée. L'imagination ne suffit pas à créer la sueur de sang ; et ce qui le démontre bien, c'est que, sur le terrain expérimental, on n'invoque qu'*un seul fait*, celui des Drs Bourru et Burot, dont la valeur est très discutée et très discutable.

Nos confrères de Rochefort sont arrivés à produire

(1) *La Vie psycho-sensible*, p. 279.

une hémorragie cutanée très légère (quelques gouttes de sang) par suggestion chez un jeune malade hypnotisé. Mais il faut noter que ce cas d'hématidrose *nettement provoqué* n'a rien de comparable avec ceux que l'on prétend expliquer. « Le sujet était *dermographique*, et le sang ne suinta au commandement des expérimentateurs que sur certains points parcourus préalablement par leur stylet mousse. Sans le dermographisme du malade, sans l'action mécanique du stylet, il est incontestable que l'hémorragie n'aurait pas eu lieu : *l'imagination n'en est pas la cause*. De plus, le suintement laborieux de quelques gouttes de sang ne constitue pas la sueur de sang. Enfin il est nécessaire de s'en tenir à la règle si sage : *Testis unus, testis nullus*. »

De guerre lasse, on s'est rejeté sur les analogies et on a fait le raisonnement suivant : Si l'imagination peut produire une rougeur, une cloque à la peau, elle peut aussi y amener une hémorragie. Or la science rapporte des cas authentiques d'*ecchymoses par suggestion*, de *vésication psychique*. Donc l'imagination est aussi capable de causer l'hématidrose. — Nous ne nous attarderons pas à réfuter ce raisonnement boiteux, et nous nous bornerons à remarquer que l'imagination n'est pas ici en cause, et que les faits invoqués manquent de garantie et de contrôle et attendent encore leur explication. « D'ailleurs, les rougeurs, les ecchymoses, la vésication même de la peau ne sauraient se comparer avec la rupture des capillaires et l'extravasation du sang : elles n'ont jamais amené la sueur de sang. Il n'est pas possible d'établir une parité entre des faits aussi différents, et il faut avouer notre ignorance des causes et de la nature de l'hématidrose (1). »

(1) *La Vie psycho-sensible*, p. 284.

III

L'imagination, incapable de rendre raison de la sueur de sang, l'est encore plus d'expliquer les *stigmates sacrés* qui s'observent de loin en loin et qui sont absolument remarquables. On sait que le phénomène de la *stigmatisation* consiste dans l'apparition sur plusieurs points du corps de petites plaies vives, inodores, qui ne suppurent pas, persistent plus ou moins longtemps et donnent à certains jours, pendant quelques heures, un écoulement sanguin. Les plaies se produisent régulièrement aux pieds, aux mains, au côté, à la couronne de la tête, tout comme chez le Dieu fait homme, Notre Seigneur Jésus-Christ : elles saignent de préférence le vendredi. Ces stigmates sacrés, qui rappellent nettement ceux de la Passion, sont bien faits pour émouvoir et frapper les foules, pour captiver et intéresser les savants. Nul ne songe à les contester ; mais on se demande curieusement s'ils ont une origine naturelle ou non.

De toutes les hypothèses que la science a proposées pour en rendre raison, la plus connue et la plus vraisemblable est celle qui repose sur l'*imagination* ; mais l'expérience, seule souveraine en la matière, établit qu'elle est inacceptable. Certes l'imagination a un grand rôle dans la vie, une incontestable action sur nos différentes facultés ; mais il ne faut pas exagérer ses effets, étendre indéfiniment son pouvoir. Que l'on puisse, en concentrant fortement et longtemps l'attention sur un point du corps, y provoquer des fourmillements, un picotement aigu, une véritable douleur, nous l'admettons, bien qu'il ne soit pas donné à tout le monde d'arriver à ce résultat et de pouvoir le vérifier. Mais on n'obtient pas davantage ; et on n'arrive pas, avec la meilleure volonté du monde, à déterminer à son gré, sur une partie déterminée de la peau, des plaies, des hémorragies, tout le cortège caractéristique

des stigmates. Entre la *douleur* que nous croyons à la rigueur possible et le *stigmate* que nous déclarons irréalisable au gré de la volonté, il y a un abîme qu'il faut décidément voir et proclamer.

Un savant professeur de Nancy, le Dr Beaunis, prétend qu'il suffit de regarder attentivement une partie de son corps, d'y penser fortement pendant un certain temps, pour y éprouver des sensations indéfinissables, des ardeurs, des battements ; et il formule aussitôt cette conclusion : « Donc, c'est à l'imagination des mystiques du moyen âge que sont dues les sueurs de sang et les plaies dont le front, les mains et les pieds étaient le siège aux heures d'extase. » Il est regrettable de relever un pareil raisonnement sous la plume d'un professeur : on ne l'accepterait pas d'un élève. Que M. Beaunis regarde attentivement son côté gauche et qu'il y pense longtemps, fortement, et il verra s'il y fait venir une plaie profonde avec une hémorragie périodique.

Tous les savants, empressés d'expliquer physiologiquement les stigmates, oublient de se renseigner sur la genèse et l'histoire des plaies sacrées ; de là, leurs erreurs et leurs mécomptes. A les en croire, les stigmatisés seraient des névropathes, des hystériques, des détraqués, à l'imagination ardente, aux passions exaltées, que la vie contemplative et claustrale, que les habitudes de macération surexciteraient au delà de toute mesure. Ils concentreraient perpétuellement leur attention sur l'image du divin Crucifié, désirant participer à sa douloureuse Passion, et arriveraient ainsi à s'identifier avec Lui, *à partager ses peines et ses plaies*. Cette singulière théorie, qui fait appel à la fois à l'imagination, à la volonté et à l'auto-suggestion, n'a pas la moindre base dans les faits. La parfaite indifférence que les stigmatisés éprouvent pour les plaies dont ils sont atteints, est le trait capital de leur histoire morale.

« Depuis la sublime et mémorable tragédie du Calvaire,

d'innombrables chrétiens, au tempérament nerveux, ont compati aux souffrances de leur Maître, ont désiré partager son supplice, mourir avec lui, lui devenir en tout semblables, sans pour cela devenir stigmatisés. Ceux qui ont reçu ces marques merveilleuses du crucifiement — et ils sont relativement très rares — ne les ont subies qu'avec crainte et surprise : ils ne les ont pas voulues, ils ne les ont pas demandées. La plupart ont été épouvantés d'une telle faveur et ont supplié Dieu avec instances, avec larmes, non pas de supprimer la douleur qui expie, mais de faire disparaître la marque sacrée qui honore. Ceux qui, comme saint François, ont dû garder toute leur vie les stigmates, ont tout fait pour en dérober la vue non seulement aux profanes, mais à leurs proches parents, à leurs frères; ils en faisaient un secret plein de suaves douleurs et n'ont jamais cherché à en tirer vanité ou profit. Dès lors, comment expliquer la stigmatisation par l'acuité du désir ou la force de la volonté ? La violence des passions ne saurait rendre compte de la formation de plaies qu'on n'avait pas demandées, qu'on ne recherchait point, qu'on cachait au contraire soigneusement aux yeux de tous, et dont la présence était un objet de crainte et de frayeur. Si la volonté avait eu une action sur les stigmates, elle les aurait fait disparaître, loin de les provoquer. Nombre de stigmatisés ont multiplié en vain leurs supplications pour obtenir la suppression des marques sacrées qui les désignaient à l'attention et à l'admiration des hommes : ce qui prouve nettement que, de ce côté, la volonté est radicalement impuissante.

» Le témoignage des stigmatisés est d'ailleurs très catégorique. Tous affirment que les plaies ont surgi sans leur consentement, presque inconsciemment. La plupart déclarent qu'elles sont nées d'une cause extrinsèque, d'une vision extérieure, et non pas, comme on l'a prétendu, d'une concentration intime, d'une sorte d'intuition (1). »

(1) Dr Surbled, *La Morale*, tome IV, p. 301-302.

Enfin un dernier argument très fort est fourni par l'histoire, et notre confrère le Dr Imbert-Gourbeyre l'a justement fait valoir : « Les libres-penseurs n'ont pas songé, dit-il, que la stigmatisation n'avait commencé que le 17 septembre 1222, et qu'elle avait fait silence pendant les douze premiers siècles de l'ère chrétienne. Or, jamais l'imagination ne fut plus en puissance de produire les stigmates que dans ces siècles de foi, surtout aux siècles de persécution, alors que les chrétiens poussaient la folie de la croix jusqu'au martyre, jusqu'à donner leur vie pour ce Jésus crucifié dont l'image était actuellement sous leurs yeux et dans leur cœur. Est-ce que ce silence de douze siècles, pour tout homme de bon sens, ne prouve pas que l'imagination n'a jamais fait de stigmates ? » (1)

Que l'imagination soit active, puissante, capable de déterminer des sensations pénibles, des impressions douloureuses dans des points limités du corps, nous l'avons dit, mais c'est tout ce qu'il est possible d'admettre, et il faut décidément souscrire aux sages paroles de saint François de Sales qui font la juste part à la nature, aux causes secondes dans la stigmatisation de saint François d'Assise : « L'imagination était appliquée fortement à se représenter les blessures et les meurtrissures que les yeux regardaient alors si parfaitement bien imprimées en l'image présente ; l'entendement recevait les espèces infiniment vives que l'imagination lui fournissait ; enfin, l'amour employait toutes les forces de la volonté pour se complaire et se conformer à la passion du Bien-Aimé, dont l'âme sans doute se trouvait toute transformée en un second crucifix. Or, l'âme, comme forme et maîtresse du corps, usant de son pouvoir sur iceluy, imprima les douleurs des playes dont elle était blessée ès endroits correspondants à ceux esquels son amant les avait endurées... L'amour donc fit passer les tourments intérieurs de ce

(1) *La Stigmatisation, l'extase divine et les miracles de Lourdes*, 1894, tome II, p. 227-228.

grand sainct François jusques à l'extérieur, et blessa le corps d'un même dard de douleur duquel il avait blessé le cœur. *Mais de faire les ouvertures en la chair par dehors, l'amour qui était dedans ne le pouvait pas bonnement faire* (1). » Voilà, marqués avec autant de simplicité que de justesse, le rôle et la mesure de l'imagination : elle ne crée pas le stigmate, mais peut faire naître la douleur.

Telle est la position que nous avons prise et que nous avons exactement gardée dans la controverse savante qu'a provoquée, il y a quelques années, l'important ouvrage du Dr Imbert-Gourbeyre et qui a amené les travaux du Dr Ferrand (2) et les nôtres (3). Le P. Coconnier, qui explique si facilement les hémorragies cutanées, n'a pas eu connaissance de ces discussions intéressantes qui ont honoré notre foi et n'ont pas été sans profit pour la science : il aurait pu en tirer quelque lumière, et se convaincre que la physiologie n'a pas dit son dernier mot, ni même son premier sur ces palpitants problèmes.

Nous nous sommes trouvés d'accord, M. le Dr Imbert-Gourbeyre et nous, pour soutenir que la science actuelle ne donne pas l'explication plausible des stigmates et que tout appel à l'imagination est vain et illusoire. Notre confrère de Clermont-Ferrand en a conclu un peu vite au surnaturel, et sur ce point nous avons refusé de le suivre, nous tenant dans la prudente réserve que commande l'état de nos connaissances.

M. le Dr Ferrand qui, au début de la polémique, se séparait de nous en attribuant nettement à la faculté sensible l'origine des stigmates, a dû plus tard se rendre à l'évidence des faits et nous accorder d'importantes concessions qui rapprochent singulièrement son sentiment du nôtre. Il abandonne *en pratique* des opinions qu'il épouse fermement *en théorie ;* et c'est à juste titre, car sur le

(1) *Traité de l'amour de Dieu*, liv. VI, chap. XX.
(2) Articles du MONDE, janvier-mars 1895.
(3) Articles de la SCIENCE CATHOLIQUE, novembre-décembre 1894.

terrain scientifique le dernier mot appartient toujours aux faits.

C'est ainsi que le Dr Ferrand pense que « l'imagination a sur la vie végétative une puissance considérable, *puissance dont nous ne pouvons peut-être pas mesurer tout l'effet*, mais que démontrent une foule de faits d'observation et que le raisonnement suffirait à prévoir ». Il n'hésite pas à concevoir et à marquer la marche du processus qui manifeste cette puissance : « L'image, fortement imprimée dans les circonvolutions cérébrales, retentit sur les ganglions de la base du cerveau qui sont le siège de la sensation proprement dite (?), et, de là, sur le système nerveux périphérique, au point de s'y manifester par des mouvements analogues à ceux que détermine une impression venue du dehors. Et cette modification nerveuse, produite du dedans au dehors, *peut modifier les fonctions des organes et même en altérer la nutrition*. L'expérience faite au moyen des procédés les plus sensibles, montre que l'idée d'un mouvement, fortement imprimée dans l'imagination, provoque dans les organes périphériques que ce mouvement mettrait en jeu, une tension particulière et une modification incontestable, alors même que le mouvement n'est pas effectué d'une manière sensible pour le dehors... L'imagination ne va pas sans exercer une modification bien démontrée sur le système nerveux ; non seulement elle implique une participation du système nerveux central à ses opérations, mais elle agit encore sur le système nerveux périphérique, et, par l'intermédiaire des nerfs, *elle peut modifier plus ou moins profondément la nutrition des organes* (1). »

Ainsi traitée dans ses généralités et au point de vue rationnel, la question n'est pas discutable, elle nous paraît très mal posée. Nul ne méconnaît l'action possible, quoique très limitée, de l'imagination sur les vaso-moteurs,

(1) *La Stigmatisation*, feuilleton du MONDE, 25 février 1895.

sur la circulation et, par suite, sur la nutrition des organes; mais l'important serait de *définir exactement cette action et surtout de préciser ses bornes*. C'est ce que notre confrère se garde bien de faire, et pour cause : les faits actuellement recueillis par la science sont insuffisants pour nous éclairer. Mais ces faits portent un enseignement qu'il n'est pas permis de négliger. Oui ou non, *l'imagination peut-elle faire une plaie en un point déterminé de la peau, peut-elle y créer un stigmate de toutes pièces?* Toute la question est là, et, quand M. le Dr Ferrand y arrive, il ne la résout pas autrement que nous.

« M. le Dr Surbled accepte, écrit-il, que l'imagination peut créer une douleur, mais non un stigmate. Il serait plus prudent et plus exact de dire : Oui, l'imagination peut créer une douleur, *mais on n'a pas prouvé qu'elle pût créer un stigmate*. J'ajouterai qu'on n'a pas prouvé non plus que ce soit là un fait matériellement impossible. Et s'il est vrai que la douleur la plus subjective peut altérer la nutrition des organes auxquels le sujet sentant rapporte cette douleur, rien n'empêche de croire que cette altération puisse atteindre *jusqu'au point de déterminer une sorte de plaie (?)*, là où le sujet croit la ressentir. Ce n'est donc pas dans la production de la plaie stigmatique que je verrais un signe de l'influence surnaturelle qui a pu la provoquer, *mais bien dans les caractères et dans l'évolution tout à fait anormaux que cette plaie peut affecter*. C'est ce que j'ai dit, et c'est à cette conclusion que je crois devoir m'arrêter (1). »

M. le Dr Ferrand persiste à croire que la *production* d'une *plaie suggestive ou psychique* n'est pas impossible, mais il avoue qu'*elle n'est pas expérimentalement prouvée*. C'est ce que nous avons toujours soutenu; et nous sommes heureux de nous trouver enfin d'accord avec notre savant confrère.

(1) *Loc. cit.*

Le *stigmate sacré,* tel qu'il se présente à l'observation, ne s'explique pas par l'imagination : voilà un point acquis et essentiel. Faut-il en conclure d'ores et déjà que la plaie constatée *est d'origine surnaturelle ?* Nous ne le pensons pas, et nous nous sommes expliqué nettement à cet égard. « Avec un tel raisonnement, le champ du surnaturel serait en proportion inverse de celui de nos connaissances ; immense à l'origine, il reculerait peu à peu devant les lumières de la science. Est-ce possible ? Non. Le surnaturel n'est pas en opposition avec la raison, le miracle ne saurait naître de notre ignorance (1). »

En réservant cette question, il demeure établi que l'imagination n'a pas la puissance indéfinie dont l'ont généreusement dotée des auteurs enthousiastes et inexacts. La science limite étroitement son champ d'opération et ne lui reconnaît qu'une action indirecte sur les vaso-moteurs. C'est ainsi que la faculté sensible peut, en excitant ou en déprimant les passions, élargir ou resserrer le calibre des vaisseaux, augmenter ou diminuer l'afflux sanguin dans un département limité de l'économie vivante. Mais, comme l'a justement observé le P. de Bonniot, l'imagination n'a pas le pouvoir de *modifier la forme* des phénomènes biologiques; elle se borne à agir sur leur *énergie.*

L'imagination est manifestement incapable de créer les plaies électives de la Passion, comme de provoquer une sueur de sang : elle l'est du moins dans l'état présent de nos connaissances, car — nous ferons cette dernière concession à nos contradicteurs — elle ne le sera peut-être plus le jour où, suivant le bon mot de François Bacon que nous citions au début de ces pages, elle aura l'exorbitant privilège de *faire mûrir les nèfles en vingt-quatre heures.*

Dr SURBLED.

(1) Dr Surbled, *La Vie psycho-sensible,* p. 298.

LA LOI DES PHASES

à propos d'un livre récent de M. Wilder D. Bancroft (1)

I

Lorsqu'on suit la marche de la Philosophie naturelle durant la seconde moitié de notre siècle ; lorsqu'on cherche parmi les découvertes incessantes, parmi les continuelles discussions, parfois plus bruyantes qu'importantes, à démêler les lois selon lesquelles évolue notre conception du monde extérieur, on ne tarde pas à reconnaître comme digne d'une attention toute particulière une partie de cette histoire de la science ; je veux parler de l'histoire des rapports entre la Thermodynamique et les théories Cinétiques.

Comme deux sœurs jumelles, les deux disciplines sont, au même moment, sorties d'un même germe ; on ne peut tout d'abord les distinguer ; on ne peut séparer la première conception du principe de la conservation de l'énergie, la première notion de l'équivalent mécanique de la chaleur, de l'affirmation que la chaleur est un mode particulier du mouvement et des tentatives faites pour découvrir les caractères propres du « mouvement que nous nommons chaleur ».

Entre les deux doctrines sœurs, la pomme de discorde

(1) Wilder D. Bancroft, *The Phase Rule*, gr. in-8° de VIII-255 p., Ithaca (New-York), 1897.

est le principe de Sadi Carnot ; plutôt que de renoncer à la théorie de la chaleur fondée sur la loi de Carnot, W. Thomson propose d'abandonner l'idée d'équivalence entre la chaleur et le travail ; R. Clausius, il est vrai, montre bientôt qu'il n'est point nécessaire d'avoir recours à ce parti extrême ; que l'on peut, sans rien perdre des conquêtes de Sadi Carnot, modifier les principes sur lesquels elles reposent, de manière à faire disparaître toute contradiction entre ces principes et la loi de l'équivalence ; que l'on peut, enfin, par l'union de la loi de l'équivalence et de la loi de Carnot, engendrer une science logique et féconde, qui est la Thermodynamique.

Mais, entre les deux lois sur lesquelles repose la Thermodynamique, s'il n'est plus de contradiction flagrante, il demeure un disparate choquant ; l'une, le principe de la conservation de l'énergie, découle de cette hypothèse philosophique que la chaleur est un mode particulier du mouvement, que tous les changements constatés dans les corps sont réductibles au mouvement local ; l'autre, le principe de Carnot et de Clausius, est une sorte de postulat, formé par induction à partir des observations les plus vulgaires et soumis ensuite, en ses conséquences éloignées, au contrôle des méthodes expérimentales.

Ce disparate, Clausius le sent vivement ; pour l'atténuer, il cherche, dans les mémoires qu'il consacre à la Thermodynamique, à réduire autant que possible le rôle des hypothèses cinétiques ; il leur emprunte tout juste ce qu'il faut pour établir la loi de la conservation de l'énergie, et, vite, il les abandonne ; lorsqu'il réunit ses recherches, il a soin de séparer en des volumes distincts celles qui, par la timidité de leurs emprunts aux hypothèses cinétiques, lui semblent offrir de plus grandes chances de certitude et celles qui, plus audacieuses, sinon plus téméraires, s'efforcent de pénétrer plus profondément la nature du mouvement que nous nommons chaleur.

Mais, en cherchant à dissimuler le disparate entre l'ori-

gine des deux principes de la Thermodynamique, Clausius n'a fait qu'appeler plus vivement l'attention des esprits critiques sur l'importance de ce disparate, que les presser de rétablir la symétrie entre ces deux colonnes de la théorie de la chaleur.

Pour y parvenir, deux partis étaient indiqués : ou bien changer la signification première du principe de la conservation de l'énergie et en faire l'exact pendant logique du postulat de Carnot et de Clausius; — ou bien déduire des hypothèses cinétiques à la fois la loi de la conservation de l'énergie et la loi de l'accroissement de l'entropie.

Le premier parti reconnaît pour chef G. Kirchhoff; dans l'exposé qu'il donne de la théorie de la chaleur, le principe de la conservation de l'énergie et le principe de Carnot se présentent comme deux postulats, formés par induction et vérifiés par l'ensemble de leurs conséquences expérimentales; la Thermodynamique se développe alors selon un type de théorie nouveau en Physique : sauve de toute hypothèse philosophique sur la structure des corps, sur la nature des phénomènes dont ils sont le siège; soucieuse seulement de relier par ses formules ce que les divers changements présentent de mesurable, masses, quantités de chaleur, températures, pressions ; inspirant confiance en sa certitude par la sobriété de ses prétentions et la modestie de ses affirmations.

Au second parti se rattachent les tentatives plus puissantes qu'heureuses de Boltzmann, de Clausius, de Helmholtz; les méditations profondes de ces physiciens sur les principes de la mécanique ne purent, en effet, faire sortir de ces principes la grande loi obtenue par R. Clausius en étendant l'axiome de Carnot : Toute modification d'un système isolé fait croître l'Entropie de ce système.

Entre les deux partis, la guerre est déclarée, guerre de plus en plus désastreuse pour les doctrines cinétiques ; elles apparaissaient, il y a quelque cinquante ans, comme le type auquel toute théorie physique devait se conformer;

aujourd'hui, elles semblent bien près de rejoindre, dans les archives de la science passée, la physique de l'attraction moléculaire, si florissante à l'époque de Laplace. C'est un des épisodes de cette guerre, c'est une bataille livrée, dans les champs de la statique chimique, entre les deux doctrines, que nous voulons conter aujourd'hui; défaite décisive pour les hypothèses cinétiques, cette bataille a été, pour la théorie thermodynamique, l'occasion d'un de ses plus beaux triomphes.

II

La physique cinétique ne tarda pas à formuler une statique chimique; en cela même, elle devança de beaucoup les théories thermodynamiques, qui ne pénétrèrent dans le domaine de la mécanique chimique qu'avec beaucoup de prudence, de circonspection et de lenteur.

Au sein d'une masse gazeuse qui nous semble en repos, la physique cinétique voit une perpétuelle agitation : des atomes se meuvent en ligne droite avec une effrayante vitesse, se choquent et rebondissent, accablent les parois solides d'un violent bombardement. Si le gaz est un gaz composé, les molécules, soumises à ces agitations et à ces heurts, ne demeurent pas invariablement composées des mêmes atomes; à chaque instant, des molécules se brisent et se disloquent; leurs atomes épars courent, libres, çà et là, jusqu'au moment où ils rencontrent d'autres atomes libres auxquels ils s'agrègent de nouveau. « Nous sommes ainsi conduits, écrit M. Williamson (1), à admettre que dans un agrégat de molécules de chaque combinaison, il s'effectue un échange perpétuel entre les éléments qu'elle contient. Supposons, par exemple, qu'un vase renfermant de l'acide chlorhydrique soit rempli d'un grand nombre de

(1) Williamson, ANNALEN DER CHEMIE UND PHARMACIE, t. LXXVII, p. 37; 1851.

molécules de composition ClH; les considérations que nous avons exposées nous conduiraient à admettre que chaque atome d'hydrogène ne reste pas en repos dans sa position relative par rapport à l'atome de chlore avec lequel il était d'abord combiné, mais qu'il change perpétuellement de place avec d'autres atomes d'hydrogène. »

Ces échanges continuels d'atomes entre les molécules, ces combinaisons et ces décompositions incessantes, ne se produisent pas seulement au sein des gaz composés ; les liquides composés les doivent présenter également; c'est du moins ce que Clausius (1) admet pour expliquer comment le courant électrique se propage au travers d'un électrolyte.

Comment, en un système qui est le siège de ces incessantes modifications, peut-il s'établir un équilibre chimique ? D'équilibre proprement dit, d'absence complète de tout changement, il ne saurait être question; mais seulement d'un équilibre apparent, d'un état stationnaire du système, où nul changement ne se trahit à l'observateur, parce que la modification d'un sens déterminé, qui se produit dans un temps donné, est exactement compensée par une modification de sens inverse et de même grandeur, produite dans le même temps; l'équilibre chimique est ainsi un véritable *équilibre mobile,* pour employer l'idée et le mot introduits dans la théorie de la chaleur rayonnante par Pierre Prévost (2), le dernier représentant de cette école de physiciens suisses qui, avec les Bernoulli, Deluc et Lesage, a jalousement gardé les traditions cinétiques depuis l'époque où fleurissait le Cartésianisme jusqu'à l'avènement de la théorie mécanique de la chaleur.

Cette assimilation de l'état d'équilibre qui s'établit dans les changements d'état physique et chimique à un équilibre mobile, se rencontre pour la première fois dans un mémoire

(1) R. Clausius, POGGENDORFF'S ANNALEN, t. CI, p. 338; 1857.

(2) Pierre Prévost, *Recherches physico-mécaniques sur la chaleur,* Genève, 1782.

publié en 1857 par Clausius (1) sous le titre suivant : « Sur la nature du mouvement auquel nous donnons le nom de chaleur ». Il l'applique à l'équilibre qui s'établit entre un liquide et sa vapeur saturée et s'exprime, à ce sujet, dans les termes que voici :

« Un phénomène qui me semblait présenter un intérêt tout particulier est celui de la *vaporisation*, et j'ai cherché à m'en rendre compte de la manière suivante :

» Nous avons dit plus haut que, dans les liquides, une molécule reste, pendant son mouvement, dans les sphères d'attraction des molécules voisines et qu'elle ne quitte celles-ci que pour se placer dans une autre position analogue par rapport à d'autres molécules voisines. Mais ceci n'est relatif qu'à la valeur moyenne des mouvements ; et comme ceux-ci sont tout à fait irréguliers, on doit admettre que les vitesses d'une molécule déterminée s'écartent entre des limites assez étendues de part et d'autre de la moyenne.

» Si nous considérons d'abord la surface d'un liquide, j'admets que, dans la variété des mouvements qui ont lieu en tout sens, il peut se faire qu'une molécule, par un concours favorable du mouvement de translation, de rotation et d'oscillation, soit écartée avec tant de violence des molécules voisines qu'avant d'avoir perdu toute sa vitesse par la force attractive de celles-ci, elle ait déjà quitté leur sphère d'action et continue à se mouvoir dans l'espace situé au delà du liquide.

» Supposons cet espace limité et d'abord vide ; il se remplira de plus en plus de molécules entraînées. Celles-ci se comportent dans l'espace absolument comme un gaz et iront, dans leur mouvement, choquer contre les parois. Or, l'une de ces parois est formée par le liquide lui-même, et celui-ci, lorsqu'une molécule viendra le choquer, ne la repoussera pas en général, mais la retiendra et se l'assi-

(1) R. Clausius, POGGENDORFF'S ANNALEN, t. C, p. 353 ; 1857.

milera par l'attraction que les autres molécules exercent immédiatement sur elle lorsqu'elle s'en approche. L'équilibre s'établira donc lorsqu'il se sera répandu dans l'espace supérieur un nombre de molécules tel que, pendant l'unité de temps, il y ait en moyenne autant de molécules qui choquent la surface du liquide et qui sont retenues par celui-ci, qu'il y en a d'autres qui sont émises par lui. Cet état d'équilibre n'est donc pas un état de repos dans lequel la vaporisation a cessé, mais un état dans lequel il y a continuellement une vaporisation et une condensation également fortes qui se compensent. »

Après avoir posé ces principes, Clausius montre comment ils expliquent la dépendance qui existe entre la tension de vapeur et la température; la loi du mélange des gaz et des vapeurs; l'influence de la pression sur la température d'ébullition, et divers autres faits.

Vers la même époque, les recherches de M. Berthelot et de Péan de Saint-Gilles sur les phénomènes d'éthérification, la découverte des phénomènes de dissociation par Henri Sainte-Claire Deville, attirèrent vivement l'attention sur la notion d'équilibre chimique. Deville avait trop clairement mis en lumière l'analogie qui existe entre un état d'équilibre chimique et l'état d'équilibre qui s'établit en un changement d'état physique tel que la vaporisation, pour que l'on ne fût pas tenté d'étendre au premier état l'hypothèse de l'équilibre mobile formulée par Clausius pour le second.

En fait, c'est la lecture du passage, cité plus haut, où Clausius donne, selon les principes de la doctrine cinétique, l'explication de l'équilibre entre un liquide et la vapeur saturée de ce liquide, qui a suggéré à M. Pfaündler (1) les principes d'une théorie de la dissociation au sein des systèmes gazeux. « J'arrive maintenant, dit-il, à l'explication de la *dissociation* des *vapeurs* et, dans ce

(1) Pfaündler, POGGENDORFF'S ANNALEN, Bd. CXXXI, p. 55; 1867.

but, je ferai l'hypothèse suivante : au sein de la vapeur d'une combinaison partiellement décomposée, tant que la température demeure invariable, *le nombre de molécules qui se brisent est exactement égal au nombre de molécules qui se forment par rapprochement de leurs atomes.*

» Cette explication suppose nécessairement qu'*à un instant donné, les molécules ne sont pas toutes animées du même mouvement ;* de même, l'explication de la vaporisation donnée par Clausius suppose que les molécules situées à la surface du liquide ne se meuvent pas toutes de la même manière. Mais, selon la théorie mécanique de la chaleur, cette irrégularité dans la distribution des mouvements est extrêmement vraisemblable.

».... Par suite, si la température garde constamment une valeur donnée, le nombre des particules mises en liberté ira en croissant, jusqu'au moment où le nombre des molécules qui se reforment dans un temps donné sera devenu égal au nombre de molécules qui se brisent dans le même temps. A partir de ce moment, *l'équilibre* entre la décomposition et la combinaison règne aussi longtemps que la température demeure invariable. »

Vers le moment où M. Pfaündler écrivait ces lignes, MM. Guldberg et Waage (1) publiaient un essai de mécanique chimique où l'équilibre chimique était traité comme l'effet de deux modifications inverses et équivalentes ; et bientôt l'idée émise tout d'abord par Clausius fut si répandue, que l'on n'entendit presque plus parler d'*équilibre chimique*, mais seulement de *deux réactions inverses se limitant l'une l'autre* (2).

(1) Guldberg et Waage, *Études sur les affinités chimiques*, Christianja, 1867.

(2) Il semble que Malaguti (ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 3e série, tome LI, p. 328, 1857) ait, le premier, considéré un équilibre chimique comme l'effet de deux réactions inverses d'égale vitesse ; l'idée émise par Malaguti fut peu remarquée ; elle n'eut pas d'influence sur le développement des doctrines cinétiques en Chimie.

III

Comment cette notion de l'équilibre mobile va-t-elle permettre d'instituer une statique chimique ? D'une manière bien simple, semble-t-il : le système étudié est le siège de deux modifications inverses et incessantes. Prenez la formule qui représente la vitesse de la première réaction et la formule qui représente la vitesse de la seconde réaction; égalez ensemble ces deux vitesses; vous obtiendrez la condition pour que chacune des deux réactions soit, à chaque instant, exactement compensée par la réaction inverse, pour que le système soit en équilibre.

Mais, pour mettre cette méthode en pratique, il nous faut connaître la loi qui régit la vitesse de chacune des deux modifications inverses ; cette loi, qui nous l'enseignera ? L'expérience ? Cela ne se peut : l'une des deux modifications qui nous occupent ne peut être étudiée indépendamment de la modification inverse; en toutes circonstances, ces deux modifications sont simultanées, et leur effet résultant est seul accessible à nos méthodes d'observation.

Voici, par exemple, un récipient qui renferme de l'hydrogène, du chlore, de l'acide chlorhydrique ; à chaque instant, des atomes d'hydrogène et des atomes de chlore entrent en combinaison pour former de l'acide chlorhydrique; mais à chaque instant aussi, des molécules d'acide chlorhydrique sont brisées et donnent du chlore libre et de l'hydrogène libre ; si, de minute en minute, nous déterminons la proportion croissante de l'acide chlorhydrique dans le mélange gazeux, nous ne connaîtrons pas par là la vitesse de la première réaction ; nous déterminerons seulement l'excès de la vitesse de la première réaction sur la vitesse de la seconde ; mais l'expression même de chacune de ces deux vitesses nous demeurera inconnue.

C'est donc seulement par voie d'hypothèse que l'on pourra déterminer la vitesse de chacune des deux réactions inverses dont un système chimique est le siège ; que l'on pourra, par exemple, déterminer la vitesse de combinaison de l'hydrogène et du chlore et la vitesse de destruction de l'acide chlorhydrique, vitesses dont la différence seule est observable.

La méthode la plus logique consiste évidemment à demander les formules qui régissent ces deux réactions inverses, à l'ensemble de suppositions et de raisonnements sur lesquels Krönig et surtout Clausius ont fondé la théorie cinétique des gaz ; c'est la méthode qu'a esquissée M. Joulin (1), qu'ont suivie M. Naumann (2) et M. Horstmann (3) ; ce dernier a poussé cette méthode assez loin pour pouvoir calculer numériquement les densités de vapeur variables de combinaisons gazeuses dissociables, telles que le bromhydrate d'amylène, le perchlorure de phosphore et le peroxyde d'azote ; les nombres fournis par la théorie présentaient un accord satisfaisant avec les nombres obtenus par l'expérience.

Cette méthode, cependant, ne fut pas la plus suivie ; embarrassée de difficultés analytiques, rendue hésitante par l'incertitude de certaines suppositions relatives aux chocs moléculaires, elle avait, en outre, le grave inconvénient de ne pouvoir s'appliquer qu'aux systèmes formés de gaz sensiblement parfaits. C'est donc à des hypothèses plus immédiates, plus générales, plus arbitraires aussi mais, par là même, plus souples et plus aisées à modeler sur les faits d'expérience, qu'eurent recours les chimistes et, en particulier, MM. Guldberg et Waage (4) et M. G.

(1) L. Joulin, ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 4e série, t. XXX, p. 248 ; 1873.

(2) Naumann, ANNALEN DER CHEMIE UND PHARMACIE. V. Suppl. Bd. CCCXLI.

(3) Horstmann, BERICHTE DER DEUTSCHEN CHEMISCHEN GESELLSCHAFT, 1e année, p. 210; 1868.

(4) Guldberg et Waage, LES MONDES, tome V, p. 105 et p. 627; 1864. —

Lemoine (1). A ces hypothèses, aux formules plus ou moins heureuses et fécondes qui en ont été déduites, nous ne voulons pas nous attarder ici ; aussi bien, le point qui doit maintenant fixer notre attention n'en dépend pas.

Pour saisir ce point, adressons-nous à un phénomène classique de dissociation, au premier phénomène auquel Pfaündler ait étendu la conception de l'équilibre mobile introduite par Clausius dans la théorie cinétique de la vaporisation, à la dissociation du carbonate calcique. Reproduisons, tout d'abord, ce qu'en dit Pfaündler (2) :

« Comme exemple de ces phénomènes de dissociation auxquels s'étend immédiatement cette hypothèse, je choisirai la décomposition du carbonate calcique.

» Chauffé dans un espace clos, à partir d'une certaine température, le carbonate calcique éprouve une dissociation ; un certain nombre de ses molécules, dont le mouvement interne surpasse un certain maximum, se décomposent ; les molécules d'acide carbonique mises en liberté se meuvent en ligne droite dans l'espace, et leur densité va en augmentant jusqu'au moment où les molécules absorbées dans l'unité de temps deviennent exactement aussi nombreuses que les molécules émises dans le même temps. Supposons que la température s'abaisse quelque peu ; le nombre des molécules reprises surpasse aussitôt le nombre des molécules émises ; la substance *absorbe* l'acide carbonique. Imaginons que l'on balaye le gaz carbonique par un courant d'air ou de tout autre gaz indifférent ; l'émission des molécules d'acide carbonique n'est point par là diminuée, car la cause de cette émission n'a pas disparu ; mais la reprise des molécules est supprimée, puisque ces molécules ont été chassées. On voit alors le car-

Études sur les affinités chimiques, Christianja, 1867. — JOURNAL FÜR PRAKTISCHE CHEMIE, tome XIX, p. 69 ; 1879.

(1) G. Lemoine, COMPTES RENDUS, 29 octobre 1871. — ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 4e série, tome XXVII, p. 289 ; 1872. — *Études sur les équilibres chimiques*, Paris, 1881.

(2) L. PFAÜNDLER, *loc. cit.*

bonate calcique *dégager* du gaz carbonique dans un courant d'air, à la température *même* où l'on a vu, en l'absence du courant d'air, l'acide carbonique arsorbé par la chaux. »

Suivons de près cette explication et tirons-en les conséquences immédiates.

Où est le siège du dégagement de gaz carbonique ? A la surface libre des morceaux de spath d'Islande ; la vitesse de ce dégagement dépendra, sans doute, de l'état d'agitation des molécules de carbonate calcique, partant de la température et quelque peu de la pression ; mais assurément, à température égale et à pression égale, la masse de gaz carbonique dégagée dans un temps donné sera proportionnelle à la surface par laquelle se fait ce dégagement, à la surface libre du carbonate de chaux.

Où est le siège de l'absorption de gaz carbonique ? A la surface de contact de la chaux vive et de l'atmosphère gazeuse ; la vitesse de cette absorption dépend de la fréquence des chocs entre une molécule carbonique et une molécule de chaux, de la vitesse des molécules qui se heurtent, partant de la pression et de la température ; mais assurément, à température égale et à pression égale, la masse de gaz carbonique qui, dans un temps donné, se combine à la chaux est proportionnelle à la surface de contact de la chaux et du gaz carbonique.

Aidons-nous du langage algébrique pour fixer les résultats que nous avons obtenus ; désignons par P la pression, par T la température, par S la surface libre du carbonate de chaux, par S' la surface de contact de chaux et de l'acide carbonique ; nous pourrons représenter la vitesse d'émission du gaz carbonique par une formule telle que

$$v = S f(P, T)$$

et la vitesse d'absorption du même gaz par une formule telle que

$$v' = S' f'(P, T),$$

$f(P, T)$, $f'(P, T)$ étant deux fonctions convenablement choisies de la température et de la pression. Pour exprimer que le système est en équilibre, nous devons écrire que la vitesse v du dégagement de l'acide carbonique est égale à la vitesse d'absorption v' du même gaz, ce qui nous donne l'équation d'équilibre que voici :

$$f(P, T) = \frac{S'}{S} f'(P, T).$$

Si nous résolvons cette équation par rapport à la pression P, il est clair que nous obtenons pour cette pression une valeur qui dépend de la température T et du rapport $\frac{S'}{S}$, en sorte que la loi de dissociation du carbonate de chaux nous apparaît sous la forme suivante : Dans un système qui renferme du carbonate calcique, de la chaux et du gaz carbonique, l'équilibre est établi lorsque la tension du gaz carbonique atteint une valeur qui dépend non seulement de la température, *mais encore du rapport entre la surface de contact de la chaux et du gaz carbonique et la surface libre du carbonate calcique.*

Or, est-ce là la loi que l'expérience révèle? Point du tout; l'expérience classique de H. Debray a montré que la loi de dissociation du carbonate de chaux, semblable de tout point à la loi de la vaporisation, était la suivante : L'équilibre est établi lorsque la tension du gaz carbonique atteint une valeur qui dépend *de la température seule.*

Ce désaccord n'a pas échappé aux partisans des doctrines cinétiques, qui ont cherché à l'éviter; M. G. Lemoine (1) donne, de la dissociation du carbonate de chaux, une théorie entièrement semblable à celle que nous venons de développer, sauf en un point : il suppose les deux surfaces S et S' égales entre elles, ce qui fait disparaître le rapport $\frac{S'}{S}$, devenu égal à 1 ; pour expliquer cette égalité des deux

(1) G Lemoine, ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 4e série, tome XXVII, p. 308; 1872.

surfaces, M. Lemoine dit : « La combinaison partielle de l'acide carbonique déjà mis en liberté s'effectue exclusivement à la surface des morceaux de calcaire. Ces morceaux sont recouverts, sur toute leur étendue, d'une sorte d'enduit plus ou moins épais de chaux caustique; mais c'est seulement sur la dernière couche superficielle que tend à s'exercer l'action de l'acide carbonique. »

Admettons que cette explication soit valable lorsque toute la chaux vive que renferme le système provient de la décomposition superficielle des fragments de spath d'Islande; il est aisé, en tous cas, d'imaginer une expérience où elle n'ait plus prise; voici cette expérience :

Dans un système qui renferme du carbonate calcique, de la chaux, du gaz carbonique, l'équilibre est établi; la température a la valeur T, la tension du gaz carbonique a la valeur P. Sans rien changer d'ailleurs au système, nous y introduirons une masse notable de chaux vive. Rien n'a été modifié de ce qui influe sur le dégagement de l'acide carbonique; ce gaz se dégage exactement avec la même vitesse avant l'introduction de la chaux vive et après cette introduction. La température et la pression n'ont pas varié, mais on a offert au gaz carbonique une nouvelle surface le long de laquelle la combinaison avec la chaux peut s'effectuer; la vitesse d'absorption de l'acide carbonique a augmenté dans le rapport même où a crû la surface de contact de la chaux et du gaz carbonique. La vitesse d'émission et la vitesse d'absorption du gaz carbonique, égales entre elles avant l'introduction de la chaux vive, ne peuvent plus être égales après cette introduction; la seconde vitesse est devenue supérieure à la première; le système n'est plus en équilibre; il est le siège d'une absorption d'acide carbonique; si la température est maintenue, après l'introduction de la chaux vive, à la valeur qu'elle avait avant, la tension du gaz carbonique, lorsque l'équilibre sera rétabli, aura une valeur moindre que celle qu'elle atteignait dans l'équilibre primitif. *Lorsque le carbonate calcique se dissocie en pré-*

sence d'un excès de chaux vive, la tension du gaz carbonique, à une température donnée, doit être d'autant moindre que la chaux offre à l'absorption du gaz carbonique une plus grande surface.

L'expérience est faisable ; elle a été faite par H. Debray. Le résultat qu'elle donne est absolument net : *dans les limites les plus larges, la tension de dissociation est absolument indépendante de l'excès de chaux vive que renferme le système ; elle dépend exclusivement de la température.*

La statique chimique fondée sur les hypothèses cinétiques est donc condamnée.

L'expérience qui la condamne est une expérience très simple, dont l'interprétation ne peut prêter à aucune ambiguïté ; facile à exécuter, elle a été répétée maintes fois, par des observateurs divers, sur une foule de corps autres que le carbonate de chaux ; d'autre part, la proposition dont cette expérience démontre la fausseté n'est pas le fruit d'une déduction compliquée, au cours de laquelle aurait pu se glisser quelque supposition mensongère, mais étrangère aux principes propres de la théorie ; cette proposition est une conséquence immédiate, obvie, forcée, de la notion cinétique de l'équilibre chimique. On peut donc affirmer que la contradiction que nous venons de mettre en évidence condamne sans appel les doctrines cinétiques.

C'est ce qu'un des premiers partisans de ces doctrines, Horstmann (1), reconnut dès 1873 : « On parvient, disait-il, à des contradictions avec l'expérience ; car on ne peut expliquer d'une manière satisfaisante ce fait, maintes fois vérifié, que la masse des corps solides n'a pas d'influence sur le degré de dissociation ». Changeant de fond en comble ses idées, Horstmann devint un des fondateurs de la statique chimique fondée sur la thermodynamique.

(1) Horstmann, LIEBIG'S ANNALEN DER CHEMIE UND PHARMACIE, Bd. CLXX, p. 208 ; 1873.

IV

Ce qu'est cette nouvelle doctrine, nous ne saurions le dire ici (1) sans excéder de beaucoup les bornes de cet article. Nous voulons seulement montrer que la statique chimique des systèmes hétérogènes, pierre d'achoppement où sont venues se briser les hypothèses cinétiques, a fourni à la thermodynamique l'occasion d'un de ses plus beaux triomphes.

C'est au physicien américain J. Willard Gibbs que nous sommes redevables de la statique chimique des systèmes hétérogènes fondée sur la thermodynamique; il en a tracé les lois essentielles dans un écrit (2) qui restera l'une des œuvres les plus puissantes du XIXe siècle.

Deux nombres caractérisent un système chimique : le nombre des *composants indépendants* qui le forment et le nombre des *phases* en lesquelles il est partagé.

Un système chimique est toujours composé d'un certain nombre de corps simples; mais il arrive souvent que, par la désignation même donnée au système, les masses de ces divers éléments ne peuvent pas être prises arbitrairement, qu'il existe entre elles certaines relations. Ainsi, un système qui contient du carbonate de chaux, de la chaux et du gaz carbonique est formé de calcium, de carbone et d'oxygène ; mais les masses de ces trois corps simples ne peuvent être prises arbitrairement ; en disant que ces corps simples étaient groupés dans le système de manière à former exclusivement du carbonate calcique, de la chaux, du gaz carbonique, j'ai imposé à leurs trois masses une certaine condition ; je puis choisir arbitrairement deux de

(1) Nous en avons donné un exposé élémentaire dans notre *Introduction à la Mécanique chimique* (Gand, Ad. Hoste et Paris, G. Carré, 1893).

(2) J. Willard Gibbs, *On the equilibrium of heterogeneous substances* (TRANSACTIONS OF THE ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS OF CONNECTICUT, Vol. III, 1873-1876).

ces trois masses, la masse du calcium et la masse du carbone, par exemple ; mais la troisième masse, celle de l'oxygène, est alors déterminée sans ambiguïté.

On peut toujours grouper les corps simples qui forment un système en un certain nombre de composés ou de restes de composés, de telle sorte que la masse de chacun de ces groupements puisse être choisie d'une manière arbitraire sans contredire à la désignation même du système ; ainsi le système que nous avons pris pour exemple ne peut être formé de masses arbitraires de calcium, de carbone et d'oxygène ; mais il peut être formé d'une masse arbitraire de chaux et d'une masse arbitraire d'acide carbonique ; la chaux et l'acide carbonique sont, pour ce système, des *composants indépendants*.

Dans bien des cas, il est possible de choisir de plusieurs manières différentes les composants indépendants d'un système ; voici, par exemple, un système formé de cristaux hydratés d'acétate de sodium et d'une dissolution de ce sel dans l'eau ; on peut prendre pour composants indépendants de ce système l'eau et l'acétate de sodium hydraté ; on peut prendre aussi, pour composants indépendants, l'eau et l'acétate de sodium anhydre ; mais cette indétermination que peut présenter le choix des composants indépendants d'un système chimique ne porte pas sur le nombre de ces composants indépendants ; pour un système chimique de nature donnée, ce nombre est absolument déterminé ; ainsi, dans le système que nous avons pris pour exemple, les composants indépendants peuvent être choisis de deux manières différentes ; mais, quelque choix que l'on adopte, leur nombre demeure égal à 2.

C'est, en général, une opération très facile que de déterminer le nombre des composants d'un système chimique, lorsqu'on connaît les formules des corps qui y entrent ; dorénavant, nous désignerons par la lettre c le *nombre des composants indépendants* qui forment le système étudié.

Les systèmes hétérogènes qu'étudie le chimiste se décomposent en un certain nombre de masses homogènes; un système formé d'eau et de vapeur d'eau se décompose en une masse homogène d'eau liquide et une masse homogène de vapeur d'eau.

Plusieurs des masses homogènes qui composent un système hétérogène peuvent avoir la même nature, les mêmes propriétés physiques et chimiques; dans un cristallisoir où une dissolution saturée de chlorure de sodium laisse déposer le sel qu'elle renferme, des cristaux de sel marin adhèrent à divers points de la paroi de verre; bien que séparés les uns des autres, ces cristaux ont la même composition et les mêmes propriétés; si on les soudait les uns aux autres, ils formeraient un solide homogène. Ces diverses masses qui, bien que séparées les unes des autres, ont la même composition et les mêmes propriétés, appartiennent à une même *phase;* dans le cristallisoir dont nous venons de parler, les cristaux de sel marin constituent une phase; la dissolution saline constitue une autre phase; le système est partagé en deux phases.

Il est, en général, très facile d'énumérer les phases distinctes qui se rencontrent en un système donné.

Un mélange homogène contient une seule phase.

Un système formé d'eau liquide et de vapeur d'eau est partagé en deux phases, le liquide et la vapeur; un système qui contient des cristaux de sel marin et une dissolution de ce sel est également partagé en deux phases, le sel solide et la dissolution.

Un système formé de carbonate calcique, de chaux et d'acide carbonique est partagé en trois phases : le carbonate de chaux solide, la chaux solide, le gaz carbonique.

Nous désignerons par la lettre φ le *nombre des phases* en lesquelles le système est partagé.

Le nombre c des composants indépendants du système et le nombre φ des phases en lesquelles le système est partagé, caractérisent le système au point de vue de la

statique chimique; d'une manière plus précise encore, *la forme de la loi d'équilibre d'un système chimique dépend exclusivement du nombre*

$$V = c + 2 - \varphi$$

que l'on nomme la VARIANCE *du système.*

V

Énumérons, en effet, les formes que prend la loi d'équilibre selon la valeur de cette *variance*.

En premier lieu, si *la variance du système est négative*, le système ne peut être en équilibre à aucune température et sous aucune pression; ainsi, à aucune température et sous aucune pression, on ne peut observer à l'état d'équilibre un système qui renfermerait à la fois de la vapeur de soufre, du soufre liquide, du soufre orthorhombique, du soufre monoclinique; un tel système renfermerait un seul composant partagé en quatre phases; la variance serait égale à -1.

Lorsque la variance d'un système est égale à 0, le système est dit *invariant;* il n'existe qu'une température et une pression où un système invariant puisse être en équilibre; la composition de chacune des phases qui composent le système en équilibre est, d'ailleurs, complètement déterminée.

Considérons, par exemple, un système qui renferme l'eau sous chacun des trois états de glace, de liquide et de vapeur; ce système est formé d'un seul composant indépendant ($c = 1$) partagé en trois phases ($\varphi = 3$); il est invariant; il ne peut donc être en équilibre qu'à une température déterminée et sous une pression déterminée; des recherches très précises ont montré que cette température avait sensiblement pour valeur $+ 0^{\circ},0076$ C, et que

cette pression était la tension de la vapeur d'eau saturée correspondant à cette température, soit environ $4^{mm},60$.

Un système dont la variance est égale à l'unité est dit système *univariant*. Lorsqu'on veut observer un système univariant en équilibre, on peut se donner arbitrairement soit la température, soit la pression. A une température donnée, la pression pour laquelle le système est en équilibre a une valeur déterminée; c'est la *tension de transformation* à la température considérée; la composition de chaque phase, au sein du système en équilibre, est également déterminée. Sous une pression donnée, la température pour laquelle le système est en équilibre a une valeur déterminée; c'est le *point de transformation* sous la pression considérée; la composition de chaque phase, au moment de l'équilibre, est également déterminée.

Le type le plus simple de système univariant nous est fourni par un liquide surmonté de sa vapeur; un seul composant ($c = 1$) est partagé en deux phases ($\varphi = 2$); à une température donnée, l'équilibre est établi pour une valeur déterminée de la pression, qui est la *tension de vapeur saturée* à la température considérée; sous une pression donnée, l'équilibre a lieu pour une valeur déterminée de la température, qui est le *point d'ébullition* sous la pression considérée.

Un système qui renferme un même corps à la fois sous les deux états solide et liquide est aussi un système univariant; sous une pression donnée, l'équilibre correspond à une température déterminée, qui est le *point de fusion* sous la pression considérée; et le point de fusion dépend de cette seule pression.

Un système qui renferme un gaz, tel que le cyanogène, et un polymère solide de ce gaz, tel que le paracyanogène, est encore un système univariant; aussi, à une température donnée, l'établissement de l'équilibre exige-t-il que le gaz atteigne une tension déterminée, fonction de cette

seule température, qui est la *tension de transformation* relative à cette température.

Un système qui contient du carbonate de chaux, de la chaux, du gaz carbonique, est formé de deux composants indépendants et est partagé en trois phases ; à une température donnée, le système est en équilibre pour une valeur déterminée de la tension du gaz carbonique, valeur qui se nomme la *tension de dissociation* du carbonate de chaux à la température de l'expérience.

On peut multiplier les exemples de systèmes univariants.

Un sel, anhydre ou hydraté, se trouve en présence d'une solution aqueuse de ce sel, que surmonte une atmosphère de vapeur d'eau ; deux composants indépendants ($c = 2$), le sel et l'eau, sont partagés en trois phases ($\varphi = 3$), le sel solide, la dissolution, la vapeur ; le système est univariant ; à chaque température, on peut observer un état d'équilibre du système ; la température une fois donnée, la tension de la vapeur d'eau et la concentration de la dissolution au sein du système en équilibre ont des valeurs déterminées.

Du chlore est dissous dans l'eau ; la dissolution renferme des cristaux d'hydrate de chlore et est surmontée d'une atmosphère gazeuze qui est un mélange de chlore et de vapeur d'eau ; deux composants indépendants ($c = 2$), l'eau et le chlore, sont partagés en trois phases ($\varphi = 3$), la dissolution, les cristaux d'hydrate de chlore et le mélange gazeux ; le système est donc univariant ; à chaque température correspond un état d'équilibre du système ; en cet état d'équilibre, la tension du mélange gazeux est déterminée, et il en est de même de la composition de ce mélange gazeux et de la composition du mélange liquide.

Un mélange liquide d'éther et d'eau se sépare en deux couches ; l'une, plus riche en éther et, partant, plus légère, surnage, tandis que l'autre, plus riche en eau, occupe le fond du vase ; une vapeur mixte surmonte le liquide ; deux composants indépendants ($c = 2$), l'éther et

l'eau, sont partagés en trois phases ($\varphi = 3$), les deux couches liquides et la vapeur mixte ; la variance du système a pour valeur 1 ; à chaque température, on peut observer un tel système en équilibre ; et il suffit de connaître la température pour savoir quelle tension a la vapeur mixte au moment de l'équilibre, quelle composition ont la couche gazeuse et les deux couches liquides.

Ces exemples, que l'on pourrait multiplier, font soupçonner l'infinie variété des types de systèmes univariants ; et cependant, malgré la diversité de ces types, la valeur de la variance qui leur est commune impose à tous une même forme de loi d'équilibre ; en tous nous retrouvons une tension de transformation, fonction de la température seule ; en tous, aussi, nous retrouvons les propositions que la Thermodynamique déduit de l'existence de cette tension, la célèbre égalité de Clapeyron et de Clausius, par exemple.

On sait quel rôle les systèmes univariants ont joué dans l'histoire de la Mécanique chimique ; c'est parce qu'ils se sont adressés à des systèmes univariants que H. Debray, que Isambert, que MM. Troost et Hautefeuille ont trouvé, dans l'étude des décompositions chimiques, dans l'étude des modifications allotropiques, une *tension de dissociation*, une *tension de transformation*, analogues à la *tension de vapeur saturée* ; et c'est en faisant ressortir l'analogie de la tension de dissociation, de la tension de transformation, avec la tension de vapeur saturée, qu'ils ont fait entrer dans les esprits les plus rebelles la grande pensée de Henri Sainte-Claire Deville : Il n'y a pas de mécanique chimique distincte de la mécanique physique ; tous les changements d'état physique ou de constitution chimique sont régis par les mêmes lois.

VI

L'importance des systèmes univariants ne doit pas faire oublier l'importance non moins grande des systèmes *bivariants*.

On nomme ainsi, cela va sans dire, les systèmes dont la variance est égale à 2 ; ce sont donc des systèmes partagés en un nombre φ de phases égal au nombre c des composants indépendants qui les forment.

Un système bivariant peut être observé en équilibre à toute température et sous toute pression ; lorsque la température et la pression sont données, la composition de chacune des phases du système en équilibre est déterminée ; cette composition est indépendante des masses des composants indépendants qui forment le système.

Un exemple très simple de système bivariant nous est fourni par un sel solide mis en présence d'une solution aqueuse de ce sel ; deux composants indépendants, le sel et l'eau, se trouvent partagés en deux phases, le sel solide et la dissolution. A chaque température et sous chaque pression, on peut observer un tel système en équilibre ; la dissolution est alors *saturée* de sel ; la concentration de la dissolution saturée dépend de la température à laquelle le système est porté et de la pression qu'il subit ; mais elle est absolument indépendante de la masse d'eau et de la masse de sel que le système renferme.

Veut-on un autre exemple de système bivariant ? Dans une masse déterminée d'éther, versons une masse croissante d'eau ; les premières portions d'eau versées se mélangent en totalité à l'éther ; mais, à partir d'un certain moment, le mélange se sépare en deux couches, une couche supérieure plus riche en éther et une couche inférieure plus riche en eau ; nous avons alors affaire à un système formé de deux composants indépendants, l'éther et l'eau, qui se partagent en deux phases, les deux couches liquides

superposées; un tel système est bivariant; aussi, si la température et la pression sont maintenues constantes, la composition de chacune des deux couches liquides demeurera invariable; au fur et à mesure que nous ajouterons de l'eau au mélange, nous verrons diminuer la masse de la couche supérieure et augmenter la masse de la couche inférieure; mais ni la concentration de la couche supérieure, ni la concentration de la couche inférieure ne subiront la moindre variation, tant que les deux couches subsisteront au contact l'une de l'autre, ou, en d'autres termes, tant que le système demeurera bivariant.

A l'étude des systèmes bivariants se rattachent une foule de problèmes importants de statique chimique. La théorie de la solubilité des gaz est la théorie d'un système bivariant; car deux composants indépendants, le gaz et le dissolvant, sont partagés en deux phases, une solution liquide et une atmosphère gazeuse, simple ou mixte, selon que le dissolvant est fixe ou volatil. La théorie de la vaporisation d'un mélange de liquides volatils est la théorie d'un système bivariant; car deux fluides, qui jouent le rôle de composants indépendants, sont partagés en deux phases, le mélange liquide et la vapeur mixte.

Les systèmes dont la variance est supérieure à 2 sont dits des systèmes *plurivariants*; à toute température et sous toute pression, un système plurivariant peut être observé en équilibre; mais la connaissance de la température et de la pression ne suffit plus à déterminer la composition des différentes phases en lesquelles le système est partagé; cette composition dépend encore de la grandeur des masses des divers composants indépendants qui forment le système.

Prenons, par exemple, deux liquides non miscibles dans lesquels se dissout un troisième corps; trois composants indépendants sont partagés en deux phases; la variance du système est égale à 3; pour connaître la concentration des deux dissolutions qui subsistent en équilibre au con-

tact l'une de l'autre, il ne suffit pas de connaître la température et la pression ; il faut encore connaître les valeurs relatives des masses des deux dissolvants et du corps dissous.

VII

Les quelques exemples que nous avons énumérés montrent combien simple et immédiate est l'application de la règle des phases, dont les prévisions ont, d'ailleurs, une si haute portée et une si grande généralité ; une telle règle ne peut manquer d'être d'un grand usage aux chimistes, soit qu'il s'agisse de classer des faits connus, soit qu'il s'agisse de guider les recherches parmi des phénomènes compliqués. L'histoire des découvertes récentes dans le domaine de la statique chimique démontre, d'ailleurs, surabondamment l'extrême utilité de cette règle ; cette règle a servi de fil conducteur, dans l'étude d'équilibres chimiques particulièrement complexes, à M. H. W. Bakhuis Roozboom ; conduits par la règle des phases, M. Bakhuis Roozboom et ses élèves sont parvenus à débrouiller certains systèmes que l'expérimentateur, privé de tout secours théorique, eût regardés comme de véritables chaos ; et ces beaux travaux, accomplis dans les laboratoires de Leyde et d'Amsterdam, ont grandement contribué à appeler l'attention des chimistes sur les théorèmes algébriques démontrés par J. Willard Gibbs.

Parmi les applications de la règle des phases qu'a faites M. Bakhuis Roozboom, nous n'en citerons qu'une, qui est particulièrement saisissante ; elle a trait aux propriétés des corps isomorphes.

Prenons deux sels incapables de réagir chimiquement, par exemple le chlorure d'ammonium et le nitrate d'ammonium ; mettons-les en présence d'une quantité d'eau insuffisante à dissoudre en totalité l'un ou l'autre des

deux sels ; trois composants indépendants, l'eau, le chlorure d'ammonium, le nitrate d'ammonium forment le système; ce système est, d'ailleurs, partagé en trois phases : les deux sels cristallisés et la solution aqueuse de ces deux sels; nous avons donc affaire à un système bivariant, qui peut se mettre en équilibre sous toute pression, à toute température ; lorsque l'équilibre est établi sous une pression donnée, à une température donnée, la dissolution, saturée de chacun des deux sels, doit avoir une composition parfaitement déterminée, indépendante des masses de chlorure d'ammonium, de nitrate d'ammonium et d'eau que l'on a mises en présence.

C'est, en effet, ce que des expériences déjà anciennes ont révélé à M. Rüdorff, non seulement en ce qui touche le couple de sels dont nous avons parlé, mais encore en ce qui touche un certain nombre de couples de sels incapables de réaction chimique.

Mais l'expérience a, en même temps, révélé à M. Rüdorff un certain nombre de couples salins qui ne se soumettent pas à la règle ci-dessus énoncée.

Prenons par exemple, au lieu de chlorure d'ammonium et de nitrate d'ammonium, du sulfate de potassium et du sulfate d'ammonium ; mettons-les encore en présence d'une masse d'eau incapable de les dissoudre en totalité ; sous une pression donnée, à une température donnée, le système parvient encore à un état d'équilibre ; mais la composition de la dissolution au sein du système en équilibre n'est plus déterminée par la connaissance de la pression que le système supporte et de la température à laquelle il est porté ; elle dépend des valeurs relatives des masses de sels et d'eau que l'on a mises en présence les unes des autres ; si, sans changer la température ni la pression, on ajoute au système une certaine masse de l'un ou de l'autre des deux sels, on voit la dissolution changer de composition, s'enrichir par rapport au sel ajouté, s'appauvrir par rapport à l'autre sel.

Ces caractères ne peuvent convenir à un système bivariant ; seul, un système plurivariant peut les présenter ; il faut donc que le calcul qui nous a fait regarder comme bivariant le système : chlorure d'ammonium, nitrate d'ammonium, eau, devienne faux en quelque endroit, lorsque nous voulons l'étendre au système : sulfate de potassium, sulfate d'ammonium, eau. Or, l'erreur ne peut évidemment porter sur le nombre des composants indépendants, qui est assurément 3 ; elle ne peut donc porter que sur le nombre des phases : le nombre des phases en lesquelles le système est partagé ne peut être égal à 3 ; il ne peut excéder 2.

D'où provient cette réduction du nombre des phases ?

Le sulfate de potassium et le sulfate d'ammonium sont deux sels isomorphes ; lorsqu'on laisse longtemps, au contact d'une solution aqueuse, des masses de ces deux sels, les cristaux de l'un et les cristaux de l'autre cessent d'être distincts, et l'on finit par n'avoir plus que des cristaux mixtes, renfermant à la fois du sulfate de potassium et du sulfate d'ammonium. Les expériences de M. Rüdorff, rapprochées des théorèmes de M. J. Willard Gibbs, nous montrent que ces cristaux mixtes doivent être comptés non pas pour deux phases, mais pour une phase ; ces cristaux ne sont donc pas, comme nombre d'auteurs l'ont supposé, de simples mélanges mécaniques, une juxtaposition ou un enchevêtrement de lamelles cristallines de sulfate de potassium et de lamelles de sulfate d'ammonium ; en eux, les deux composants sont physiquement mélangés, d'une manière aussi intime qu'au sein de la dissolution aqueuse ; ils constituent, selon l'expression créée par M. Van t'Hoff à propos d'autres faits, une *dissolution solide*.

Cette assimilation à une dissolution solide des cristaux mixtes formés par deux sels isomorphes, conduit à une théorie complète des phénomènes qui se produisent lorsque deux sels isomorphes sont mis en présence de

l'eau. Cette théorie a reçu, des travaux de M. Bakhuis Roozboom et de ses élèves, des confirmations précises. De plus, la règle des phases nous montre que des cristaux mixtes, constituant une véritable dissolution solide et comptant pour une phase unique, se dissolvent dans l'eau suivant une tout autre loi que des cristaux formés de lamelles juxtaposées de deux sels différents, cristaux qui représentent deux phases. L'étude des phénomènes de dissolution est donc susceptible de fournir au cristallographe un criterium précis pour distinguer ces deux sortes de cristaux.

VIII

L'exemple que nous venons de citer est bien propre à mettre en évidence l'utilité de la règle des phases. De plus en plus, cette règle attire l'attention des chimistes et leur suggère les moyens d'aborder les questions les plus complexes de la mécanique chimique. Nous avons parlé déjà des belles et fécondes recherches poursuivies, dans les Universités hollandaises, sous la direction de M. Bakhuis Roozboom ; à Gœttingue, à Berlin, à Leipzig, maints travaux sont guidés par les théorèmes de Gibbs ; aux États-Unis, en la jeune et active Université d'Ithaca où, sous l'impulsion de M. Bancroft et de M. Trevor, les études de chimie physique se développent avec ardeur, la règle des phases est souveraine maîtresse ; elle ordonne les enseignements et les recherches ; dans le JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY, émanation de cette Université, les travaux chimiques du monde entier viennent se classer selon le degré de variance des systèmes étudiés.

C'est de l'Université Cornell d'Ithaca qu'est sorti le livre de M. Bancroft sur *la loi des phases*, à l'occasion duquel cet article a été écrit. Ce livre, nous ne saurions

l'analyser sans abuser de l'hospitalité de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES; nous n'en dirons qu'un mot : il démontre victorieusement que les idées de J. Willard Gibbs, même privées du secours des formules, sont éminemment propres à ordonner et à éclairer les richesses, déjà bien abondantes, de la mécanique chimique qualitative.

P. DUHEM.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LA

FORMATION DU SON

dans les instruments à bouche de flûte (1)

INFLUENCE DES PAROIS

« Lorsque les tuyaux ont leurs parois suffisamment résistantes, c'est la colonne d'air qui est seule le corps sonore ; que les parois soient de bois, de cristal ou de plomb, le timbre seul est modifié. » Ainsi s'expriment, avec des variantes de détail, bon nombre de traités d'acoustique.

On pourrait relever, dans ces affirmations, une contradiction assez manifeste. En effet, d'après les mêmes traités, les timbres sont caractérisés par le nombre et la hauteur des sons partiels, ainsi que par les rapports entre les intensités de ces sons. Si donc les parois modifient le timbre, il faut qu'elles produisent une addition ou une soustraction de sons partiels ou qu'elles changent leurs rapports d'intensité. Or, toutes choses restant les mêmes, on ne voit pas comment les sons partiels pourraient changer par la simple *présence* de tel corps au lieu de tel autre, si ces corps n'exercent aucune action, ne font aucun travail.

(1) Voir la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, deuxième série, tome XIII, livraison du 20 avril 1898, pp. 452-496.

C'est donc, à mon avis, une erreur, d'attribuer principalement le timbre à la matière des parois. Dans ce cas, en effet, il faudrait autant de matières différentes qu'il y a de timbres différents. Or, on peut obtenir presque tous les timbres avec une même matière, en faisant varier, par exemple, la taille, la hauteur des bouches, la force du vent, la forme et les dimensions du pavillon, etc.

Je crois, au contraire, qu'il faut attribuer aux parois un rôle important dans la formation même du son. Pour procéder avec ordre, je commencerai par exposer les faits qui prouvent, selon moi, la réalité de cette influence des parois. J'indiquerai ensuite ceux qui pourront contribuer à préciser la nature de cette influence.

Les faits principaux qui prouvent la réalité de l'influence des parois sur la formation du son, peuvent se classer en quatre groupes. Ces groupes nous sont fournis par les tuyaux à parois faibles, par ceux qui sont sensibles à la percussion, par les tuyaux jumeaux à paroi commune et par les tuyaux tardifs.

Tuyaux à parois faibles. — J'appellerai *parois rigides* celles qui n'ont pas d'influence sur le son lorsqu'elles subissent une gêne quelconque, une pression, par exemple, s'opposant à leur libre vibration. Cette vibration n'est peut-être que moléculaire, sans déplacement sensible, ou, s'il y en a, la rigidité des parois est telle que ce déplacement n'est appréciable que par le toucher, et aussi probablement par des instruments plus délicats que ceux qui ont été employés.

Les *parois faibles* sont celles qui ont de l'influence sur le son, quand elles subissent une gêne quelconque qui s'oppose à leur libre vibration.

Les phénomènes observés dans les tuyaux sonores doivent aussi se produire dans ceux dont les parois sont faibles. Quoiqu'on n'en puisse guère douter, la vérification expérimentale en a cependant été faite. J'ai employé

notamment dans ce but des tuyaux de dimensions assez grandes, au point que non seulement la compression des parois (en verre à vitres) faisait varier la hauteur et le timbre du son, mais qu'un simple attouchement réduisait le tuyau ou l'instrument au silence.

Dans tous ces tuyaux, sans exception, la forme des cyclones se présentait normalement, quels que fussent la gêne imposée aux parois et l'effet produit sur le son. L'intermittence du courant dérivé et l'effet qui en résulte au dehors du tuyau étaient seuls affectés.

Parois manifestement vibrantes. — Des tuyaux à deux parois très fortes en bois ont deux parois faibles, en parchemin ou papier très fort, d'environ deux fois la largeur des précédentes. Des vis de rappel permettent d'écarter ou de rapprocher les parois en bois, d'où tension ou relâchement des parois faibles. Parmi ces tuyaux, les uns ont la bouche sur une des parois de bois; d'autres, sur une des parois faibles, renforcée à cette place par une mince bande de laiton.

Ouverts ou bouchés, tous ont donné le même résultat. En tournant les vis, on fait varier le son exactement comme celui d'une corde sonore.

Des tiges filetées passées dans une des parois et portant sur la paroi opposée, sont de construction plus simple et tout aussi satisfaisante. Ce sont alors les parois faibles qui font rappel. Ici l'obstruction dans la colonne aérienne est sans importance.

Des tuyaux, soit ouverts soit bouchés, tout en bois, dont généralement les seules parois latérales étaient faibles et avaient de deux à trois fois la largeur (intérieure) des autres parois, qui étaient rigides, ont tous donné le même résultat quant à la variation du son et à la réduction au silence.

L'attouchement ou la pression sur les nœuds faisait varier le son plus ou moins, sans l'étouffer ; un attouchement léger sur les ventres réduisait les tuyaux au silence.

Une compression transposait le nœud à l'endroit comprimé, et le son variait. On pouvait par ce moyen obtenir une succession de sons qui, sur un tuyau de $0^m,50$, a dépassé l'intervalle d'une quinte.

Une variation dans les courants extérieur et sortant correspondait toujours à ces manœuvres. Lorsqu'on réduisait le tuyau au silence, ces courants allaient joindre la paroi, et les ondulations disparaissaient; il n'y avait plus d'intermittence dans la sortie du courant dérivé. Du sable, ou des semences d'un poids proportionné à la vigueur du courant et à la résistance des parois, sautillaient et se rangeaient en lignes nodales. Ces lignes persistaient, toujours les mêmes, tant qu'on ne fatiguait pas le tuyau, c'est-à-dire tant qu'on le faisait parler avec un courant de même force, et qu'on ne changeait pas la hauteur du son en modifiant, au moyen de la chambre mobile, la hauteur de la bouche. Il fallait pourtant bien les faire octavier, etc., pour obtenir la variation des lignes nodales. — On trace alors celles-ci en couleurs différentes. — Après quelques expériences, et sans fatiguer autrement les parois, les mêmes lignes ne se reproduisaient plus; elles se déplaçaient et s'embrouillaient à ne plus s'y reconnaître. On peut y voir la preuve d'une modification dans l'arrangement moléculaire des parois.

Pour les expériences suivantes, on place les tuyaux horizontalement. Une tige, un crayon pour les plus faibles parois, repose par un bout sur la paroi, dans la concamération la plus voisine de la bouche, et est balancée convenablement sur le doigt. On la voit sautiller, et le son produit par ces chocs coïncide avec le son le plus bas du tuyau. On peut en conclure que l'écartement et le rapprochement des parois en vibration contribuent à la saillie intermittente du courant dérivé et au mouvement pendulaire du courant initial; ces saillies et ces rentrées donnent le nombre de vibrations du son le plus bas émis par le tuyau.

On peut remplacer la tige ou le crayon en plaçant, au

bon endroit, de petits cailloux ou de petits poids, comme on en trouve aisément dans le jeu de poids d'une balance.

Lignes nodales. — Sans exception, sur tous les instruments qui ont été soumis à l'expérience et à parois théoriquement trop faibles, il se forme des lignes nodales, et on peut y supprimer ou altérer le son en mettant obstacle à la libre vibration des parois.

Les tuyaux sans fond ni tampon n'ont pas accusé de concamérations, mais des lignes droites à proximité des parois rigides. Ici, probablement, la paroi, n'étant pas soutenue aux extrémités, entraînait ses nœuds à la manière des cordes sonores.

Parfois cependant les nœuds s'approchent assez près de l'extrémité libre, comme on peut le voir en *a* (fig. 20, A).

Fig. 20, A.

Fig. 20, B.

Dans cette figure, les lignes pleines sont les concamérations d'un tuyau de $0^m, 38 \times 54^{mm} \times 25^{mm}$, donnant un

de ses harmoniques. Le son fondamental a donné la concamération pointillée. En bas, les deux courbes sont confondues ; les deux droites se confondent de même avec les côtés des petites concaméralions. Souvent la note la plus basse donnait deux concaméralions fig. 20. B.

Dans les tuyaux en forme de baïonnette fig. 21. A. et dans ceux dont le bout supérieur est recourbé vers le pied (fig. 21, B. les concaméralions suivent la forme du tuyau.

Fig. 21, A.

Fig. 21, B.

Les nœuds ne sont pas toujours en opposition sur les deux parois ; ce qui provient probablement d'une irrégularité dans leur épaisseur ou dans leur densité.

La flûte traversière, les tuyaux pyramidaux, les tuyaux à fond mobile, à fond incliné et celui où tout le courant initial était injecté, n'ont pas été construits avec des parois faibles. On reste libre de douter s'ils auraient produit les mêmes phénomènes.

Il se présente parfois des phénomènes *accidentels*, où l'on ne comprend rien, comme celui de la projection des globules de fumée, mentionné plus haut. On les néglige

d'ordinaire, et cependant un autre peut y trouver de la lumière. Les suivants, tout insignifiants qu'ils peuvent paraître, me semblent assez intéressants pour être mentionnés.

Sur un tuyau à deux parois de carton blanc, ayant la rigidité de deux cartes de visite superposées, surgissait un petit monticule de sable, d'environ 8^{mm} de base. Le sable montait dans l'intérieur du monticule et se déversait sur les flancs, pour être continuellement résorbé à la base. Cela se faisait toujours, mais rien de pareil ne s'est présenté sur aucun autre tuyau.

Sur un autre tuyau de bois, *une seule fois*, un petit nuage de poussière s'est levé et a vagué une dizaine de fois, aller et retour, à un centimètre à peu près de la paroi, d'un bout de la concamération à l'autre — voyage d'une dizaine de centimètres — puis il s'est dissipé.

Deux tuyaux, faits en même temps, dont les dimensions étaient $0^{m},40 \times 55^{mm} \times 25^{mm}$, la largeur de la bouche 20^{mm}, la hauteur 10^{mm}, et dont la chambre était de construction normale, ont montré, entre le courant sortant et le courant extérieur, un secteur indépendant, absolument libre de fumée. On pourrait en chercher l'explication dans le peu de largeur de la bouche et, par conséquent, des courants : le courant d'entraînement pouvait ainsi, semble-t-il, s'introduire facilement sur les côtés. Mais cela ne se faisait pas avec d'autres courants moins larges encore, par exemple de 15^{mm} au lieu de 20^{mm}. Une douzaine d'autres tuyaux ont été construits pour reproduire le même phénomène ; mais ils n'ont pas répondu à mon attente, malgré de nombreux remaniements, tels que amincissement des parois, raccourcissement, etc., auxquels la plupart n'ont pas survécu.

Percussion faisant alterner des harmoniques : 1° Dans les tuyaux à parois faibles. — Des tuyaux en sapin, dont les parois sont amincies en proportion de leurs dimensions, par exemple $2^{mm},5$ pour un mètre de longueur, et

[illegible]

[illegible]

[illegible]

2° [illegible] — [illegible] 1m,87 / 74mm / 65mm ; épaisseur des parois 11mm, largeur de la bouche 60mm, hauteur 9mm ; chambre et lèvre inférieure mobiles ; pression dans la chambre, 27mm d'eau. Le courant initial était dirigé un peu trop vers l'intérieur au moyen de la lèvre inférieure mobile. La figure 4 donne la coupe d'une de ces chambres. Quand le tuyau parle dans ces conditions, le son est un peu vacillant ; il ne donne le son fondamental, avec une bouche aussi basse, que parce que le courant est très faible. Plusieurs harmoniques l'accompagnent ; le deuxième domine les autres.

Un coup sec bien appliqué à environ 0m,42 du fond, étouffe les deux premiers sons partiels (fondamental et octave) ; le troisième devient le son le plus bas. Un coup donné à environ 1m,10 du fond amène l'octave. Les sons

ainsi obtenus sont stables et persistent; on peut les faire alterner à coups de marteau.

Il faut frapper à coups *secs*, c'est-à-dire de telle manière que le marteau rebondisse, sans le moindre arrêt sur la paroi. Le coup régularise alors la vibration de la paroi, et produit un ventre à l'endroit frappé. Un arrêt du marteau sur la paroi étoufferait, au contraire, la vibration excitée en cet endroit.

Sur les tuyaux à parois rigides, cette expérience est des plus difficiles, et on ne la réussit pas toujours. Il arrive que, du jour au lendemain, on doit modifier la disposition de la bouche ou la force du courant; l'endroit à attaquer varie aussi plus ou moins.

D'autres tuyaux de ce genre donnent des résultats un peu différents; mais, en somme, on peut y obtenir deux sons partiels qui dominent et les faire alterner à coups de marteau.

L'expérience est relativement facile sur des tuyaux à parois faibles.

Effet des coups de marteau sur les parois. — Prenons un tuyau au repos. Un coup de marteau sur une des parois fait jaillir l'air; la réaction le fait rentrer; une fluctuation rétablit l'équilibre.

S'il passe dans le tuyau un courant initial dirigé un peu trop vers l'intérieur, un coup sur la paroi fera fléchir par impulsion ce courant, amènera sa division sur la lèvre supérieure et toutes les conséquences qui s'ensuivent pour produire le son.

Si le courant est dévié vers l'extérieur, la réaction aura le même effet, par aspiration.

Si l'écart du courant est considérable, un coup appliqué sur un nœud tire du tuyau un son comme on en tire d'une barrique vide; le tuyau ne *parle* pas, parce que la vibration imprimée à la paroi n'est pas d'accord avec celle de la colonne aérienne : l'une étouffe l'autre. Au contraire, un coup appliqué à un ventre imprime à la paroi une

vibration de même période qu'une de celles qui conviennent à la colonne aérienne : les deux vibrations se soutiennent et se renforcent mutuellement.

Les tuyaux où l'on fait alterner deux sons partiels à coups de marteau, confirment cette déduction.

Une disposition spéciale fait qu'un tuyau parle mal, parce que la vibration des parois et celles de la colonne aérienne ne sont pas de même période; elles ne s'accordent pas sans intervention : le son est instable, vacillant. Un coup de marteau imprime à une des parois la vibration qui s'accorde avec celle d'une des divisions de la colonne; celle-ci se divise, les deux vibrations se soutiennent mutuellement, et il en résulte un son stable. Mais les parois se prêtent à un deuxième mode de vibration, qui est d'accord avec une autre division de la colonne. Le son qui en résulte, et qu'on amène aussi en faisant, par un coup de marteau, changer la vibration de la paroi, a les mêmes qualités que le premier, et on peut les faire alterner à volonté en agissant sur les parois, qui agissent à leur tour sur la colonne aérienne. Ceci prouve que les parois, aussi bien que la colonne, ont leurs vibrations périodiques et contribuent à la formation du son.

A ces observations relatives à la production *successive* de différents sons par la percussion des parois, je rattacherai quelques expériences sur la manière d'observer des sons partiels *simultanés*, notamment par l'auscultation, c'est-à-dire en appuyant l'oreille sur les parois des tuyaux.

Harmoniques distincts. Auscultation. — Voici un tuyau bouché, ayant pour dimensions $0^{m},98 \times 90^{mm} \times 64^{mm}$. Les parois, en sapin compact, ont une épaisseur de 12^{mm}; la bouche est sur l'une des parois étroites, sa largeur est de 40^{mm} et sa hauteur de 6^{mm}; la largeur de la lumière est de $0^{mm},7$; la lèvre inférieure et la chambre sont mobiles. Un manomètre, inséré dans la chambre, indique une pression de 5^{mm} d'eau.

Dans cet état, le tuyau donne distinctement l'accord

ut, fa, la, de l'octave de 2 pieds. Toutes ces notes sont tardives, en commençant par la plus basse ; elles se succèdent dans l'intervalle d'environ deux secondes, et restent plus distinctes que pareil accord produit par tout autre instrument, excepté peut-être la harpe éolienne par un vent très faible. Leur douceur a un charme peu commun, et leur intensité est assez grande pour qu'on les entende dans une chambre spacieuse.

Il y a des tuyaux, celui qui précède est du nombre, dont on peut réduire l'intensité à tel point qu'on n'entende plus qu'un léger bruissement en approchant l'oreille de la bouche autant que faire se peut, et dont on entend parfaitement l'accord en appuyant l'oreille sur la paroi ; plus la pression de l'oreille contre la paroi est forte, mieux on entend. Si immédiatement après on approche l'oreille de la bouche du tuyau, on y perçoit très faiblement l'accord.

Pour ausculter commodément un tuyau, on l'adapte au bout d'un porte-vent flexible. En le pressant contre l'oreille, on évitera de gêner la libre vibration de l'air aux extrémités, ce qui ferait varier la hauteur des sons.

Avec les chambres tournantes, les expériences que nous venons de rappeler n'offrent pas trop grande difficulté. On ne doit cependant pas s'attendre à des effets invariables, surtout si la lèvre inférieure est mobile aussi, ce qui est très avantageux pour régler le volume du courant, mais difficile à mettre toujours au même point. Malgré quelque variation dans les phénomènes, on trouve cependant toujours concordance entre les résultats. Les trois dernières expériences ont été prises sur le fait, alors que la réussite ne laissait rien à désirer.

On n'en finirait pas, si l'on voulait donner le détail de tous les effets qu'on obtient sur ces tuyaux, sonores ou autres, quelles qu'en soient les proportions. D'ailleurs, une partie en est déjà connue (1). Je n'ajoute qu'une der-

(1) Voir, entre autres, une belle série d'expériences dans le mémoire de

nière observation. Lorsque le courant est dévié au point que le tuyau ne puisse pas parler sous l'influence d'un son musical ou d'un seul coup bien appliqué, il suffit, pour le faire parler, de lancer un courant continu sur le courant initial, s'il est dévié au dehors, ou par le haut du tuyau dans le cas contraire. On réussit encore, mais moins bien, par un tambourinage sur les parois, plus ou moins dru d'après leur résistance, et portant sur les ventres de vibration.

Tuyaux jumeaux à bouches distinctes. — Deux tuyaux bouchés à parois *très rigides* ont une paroi commune faible. Quelques exemplaires ont leurs bouches l'une à côté de l'autre. Il y en a dont la bouche se trouve à côté de la paroi postérieure de leur voisin; d'autres ont leurs bouches diamétralement opposées. Rien ne les distingue des bouches ordinaires.

L'expérience suivante a été faite sur des tuyaux ayant pour dimensions $0^{m},59 \times 76^{mm} \times 50^{mm}$: épaisseur des parois extérieures en sapin, 10^{mm}; la paroi commune, en peuplier du Canada très mou, a 3^{mm} d'épaisseur. Cette dernière paroi est renforcée des deux côtés par des pièces de 6^{mm} d'épaisseur, sur toute l'étendue de la course des tampons, afin de résister à leur pression. Un de ces tuyaux a son pied, l'autre est percé sur le côté pour l'introduction d'un porte-vent. On les égalise d'intensité en les faisant parler alternativement. La paroi médiane ne supporte pas un fort ébranlement; une pression de 20^{mm} d'eau dans les chambres convenait très bien. Je donne ce dernier détail comme pouvant être intéressant, mais il n'est pas nécessaire d'avoir recours au manomètre; l'oreille est le meilleur guide.

A l'unisson, quand ils sont de même longueur, les deux tuyaux y persistent quand on enfonce le tampon A de

M. W. Van Schaik, *Sur la production du son dans les tuyaux à bouche* (ARCHIVES NÉERLANDAISES, t. XXV, p. 218). L'auteur les appelle *tuyaux sensitifs*. J'ai cru devoir m'en tenir au terme technique *tardif*.

30^{mm}. Le son monte d'un peu moins d'un demi-ton. Dans cet état, on peut enfoncer le tampon B de 55^{mm} : le son unique, produit par les deux tuyaux monte de nouveau, à peu près de la même quantité, mais l'unisson persiste.

Plus la paroi médiane est mince, plus on peut augmenter la différence de longueur sans faire varier le son. Évidemment c'est la paroi mince qui domine, qui règle la saillie alternative des courants dérivés et, par conséquent, la hauteur du son de l'un et de l'autre tuyau.

Le résultat est le même, quelle que soit la place des bouches.

Quelle que fût cette place, aucun de ces tuyaux n'a interféré avec son voisin.

Tuyaux jumeaux à bouche commune. — Les tuyaux précédents ne présentent aucune difficulté de construction pour une main un peu exercée. Ceux-ci peuvent en offrir, notamment parce que, si toutes les pièces sont fixes, la bouche est inabordable. C'est pourquoi j'indiquerai, avec quelques détails, deux manières dont je les ai construits.

Première construction. Deux tuyaux identiques, ayant trois parois rigides, sont réunis par une paroi commune, qui peut être faible ou rigide, suivant les cas. La paroi commune est amincie des deux côtés, de manière à former une lèvre supérieure commune *a* (fig. 22, A). Celle-ci se trouve en regard de la lumière, pratiquée au milieu du fond *c'c'* de la chambre *cc*. Cette lumière n'est qu'un trait de scie, élargi tant soit peu vers le bas, où il aboutit au trou *t*, cavité de la chambre, qui correspond, du côté opposé, avec le pied *p*. La chambre est mobile à l'intérieur du tuyau ; on peut l'enfoncer ou la retirer pour faire varier la hauteur de la bouche ; on peut aussi l'incliner à droite ou à gauche pour modifier la direction du courant initial. Une garniture en peau blanche, *bb*, indiquée par la ligne pointillée, assure une fermeture hermétique et la fixité nécessaire jusqu'à ce que, le tuyau parlant bien, on

fixe, au moyen des vis *v*, *v*, la chambre dans la position trouvée par tâtonnement.

Deuxième construction. Soit M (fig. 22, B), un tuyau de construction ordinaire, sauf que la paroi de face est amincie *des deux côtés* pour former la lèvre supérieure, et que l'arête de celle-ci correspond au milieu de la lumière, qui s'élargit très peu vers le bas. La paroi de

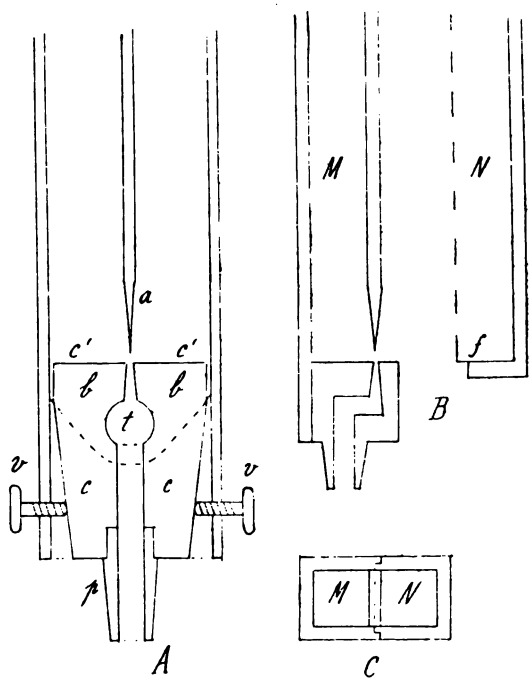


Fig. 22.

face porte sur ses bords deux rainures, comme on le voit en C. Une seconde partie N consiste en trois parois et un fond *f*. Des languettes, pratiquées le long des côtés libres des parois latérales, s'engagent dans les rainures de la partie M. Le fond va alors joindre la lèvre inférieure : il est bon que ce joint soit garni de peau.

Cette construction, tout aussi simple que la première, se prête à des expériences que l'autre ne permet pas. Mais

on pourrait objecter qu'ici les deux tuyaux ne sont pas matériellement identiques, tandis qu'ils le sont évidemment dans le premier cas. Néanmoins, les colonnes aériennes sont bien identiques quand M et N sont réunis. Ces tuyaux symétriques *parlent avec la plus grande facilité*, quoiqu'ils paraissent se trouver dans les meilleures conditions pour l'interférence. Des tuyaux *triples*, construits d'une manière analogue, parlent aussi sans la moindre difficulté. Voici quelques-uns des résultats obtenus.

1. Tuyau double construit d'après la première méthode. Les deux moitiés étant ouvertes en haut : son fondamental la_3; 1er harmonique la_4. On obtient aussi le 1er harmonique, avant le son fondamental, en soufflant *très faiblement*. Le son baisse légèrement, lorsqu'on bouche peu à peu l'une des deux moitiés. En bouchant complètement l'une des deux moitiés, *n'importe laquelle*, on obtient la suite fa_3, ut_4, fa_4, $ré_5$.

2. Tuyau construit d'après la 2e méthode, avec les dimensions du précédent. La partie M seule donne le fa_3; N étant réuni à M, on obtient, en laissant ouvertes les deux parties, la_3 et la_4, etc.

Je m'abstiens de faire des conjectures sur la manière dont parlent ces tuyaux; mais je répète qu'ils parlent parfaitement bien, quoiqu'on ait affirmé qu'ils ne voulaient pas parler, et qu'ils semblent, en effet, condamnés au mutisme par la théorie des interférences, telle du moins que l'entendent plusieurs auteurs. Ces tuyaux n'interfèrent pas plus entre eux que les tuyaux jumeaux à bouches indépendantes. Et en général, je puis déclarer que jamais, durant les longues années consacrées à ces recherches, malgré le très grand nombre de tuyaux de tout genre sur lesquels j'ai fait les essais les plus divers, soit seul, soit en présence d'expérimentateurs exercés; jamais, dis-je, il ne m'a été possible d'observer un seul phénomène d'interférence, en ce sens que jamais je n'ai rencontré

aucun groupe de deux ou plusieurs tuyaux ayant la faculté de se maintenir en vibration de telle manière que les ondes émises se neutralisent les unes les autres.

Cette affirmation ne manquera pas de surprendre maint professeur ou amateur qui a dans sa collection d'instruments un appareil à interférences, où deux tuyaux, parlant fort bien isolément, ne donnent presque plus de son quand on les attaque à la fois. C'est que, par la disposition et les dimensions des conduits, l'appareil ne fournit de vent suffisant que pour un seul tuyau. On peut s'en assurer en les alimentant d'une manière suffisante.

Tuyaux tardifs. — Les facteurs d'orgues appellent *tardif* un tuyau qui ne parle pas *prestement*. Parmi les défectuosités qui nuisent à la *prestesse*, j'examinerai la direction anormale du courant initial, et j'indiquerai l'action que les parois peuvent exercer dans certains cas.

La déviation du courant initial peut être si peu considérable que le tuyau tarde très peu ; elle peut être assez grande, en passant par tous les intermédiaires, pour qu'il ne parle pas sans un secours extrinsèque continu : il est devenu *taciturne*.

1° *Courant dévié vers l'intérieur*. Tuyau ouvert, dimensions $1^{m},00 \times 0^{m},12 \times 0^{m},04$; largeur de la bouche 37^{mm}, hauteur 20^{mm} ; chambre à pivots (fig. 4) ; lèvre inférieure mobile.

Par tâtonnement, le courant initial a été dirigé à l'intérieur de manière que le son commence par un *bruissement*, suivi d'une résonance : le premier harmonique se fait entendre, puis le son fondamental éclate. Le tout dure quelques secondes, parfois au delà d'une demi-minute. La durée dépend de la manière dont on abaisse la touche, parfois du choc du soufflet, ou de l'agitation de l'air, etc.

Le premier cyclone mesure 28^{cm}, le second 16^{cm}.

Le premier courant dérivé n'a pas tout d'abord la force nécessaire pour traverser et repousser le courant initial,

qui entre dans le tuyau sans se diviser sur la lèvre; le courant extérieur est absent. Une petite quantité de fumée, sans être expulsée, s'égare au dehors par la bouche; une partie en est ramenée à l'intérieur par le courant d'entraînement.

Le premier harmonique se fait entendre, dès que le courant dérivé saillit; en saillissant, il fait dévier le courant initial, dont la division commence à se faire sur la lèvre. Les courants extérieur et sortant s'éloignent très peu de la face du tuyau, et les ondulations sont courtes. Soudain les courants se développent, les ondulations s'allongent et le son fondamental éclate. Ces trois derniers phénomènes paraissent se produire au même moment.

Lorsque le courant initial est dans sa direction normale, les courants au dehors sont beaucoup plus considérables que dans le cas présent.

2° *Courant dévié vers l'extérieur*. Quand le courant passe devant la bouche de manière que le son musical ne survienne qu'après quelques secondes, il se fait une résonance comme celle d'un résonateur placé à proximité d'un courant libre.

Un courant d'entraînement ou d'affluence entre par le haut du tuyau et sort par la bouche; il entraîne une petite quantité de fumée qui s'égare à l'intérieur, à cause de la raréfaction qui s'y fait. Peu à peu cette quantité augmente et tourne très mollement au bas du tuyau; une partie s'en va par où elle est venue, l'autre monte et revient vers le fond; le refroidissement y contribue probablement. Ce tourbillon paisible n'atteint pas la moitié de la hauteur du cyclone qui se forme soudainement et fait éclater le son fondamental.

Ici parfois le courant dérivé n'est pas tout à fait chargé de fumée quand le tuyau commence à parler. Cela fait présumer que l'extrémité finale du courant dérivé de beaucoup de cyclones progresse par aspiration et que cette aspiration intervient dans tous les cas.

Il ne se forme qu'un seul cyclone; il mesure 22^{cm}.

Si l'on tourne lentement la chambre pour augmenter la déviation du courant, le cyclone diminue graduellement d'un tiers environ; le son y perd en qualité, mais sa hauteur ne varie pas sensiblement. Enfin, le cyclone disparaît et le son s'éteint.

3° *Déviation du courant à l'intérieur ou à l'extérieur.* Quand la déviation du courant est telle, soit d'un côté soit de l'autre, que le tuyau ne demande qu'un minime secours pour parler, et que cependant ni le choc du soufflet, ni l'agitation accidentelle de l'air, ne puissent le mettre en train (ce qui fausserait l'expérience), il ne perd que momentanément sa voix quand, après l'avoir fait parler, on quitte la touche et que, sans tarder, on l'abaisse prestement de nouveau. Il n'est guère possible que la colonne aérienne reste en vibration pendant cet intervalle, si court qu'il soit; mais les vibrations des parois ont pu se maintenir à un degré suffisant pour reprendre régulièrement à la nouvelle arrivée du courant. Cette différence entre les gaz et les solides peut se concevoir comme suit.

Les corps gazeux, à cause de leur faible densité et de la grande mobilité de leurs molécules, correspondent immédiatement et manifestement à l'impulsion des ondes sonores ; la première y fait un déplacement moléculaire égal à ceux que produisent les ondes subséquentes. L'intensité a sensiblement toute sa valeur dès le premier ébranlement. Mais comme ces corps transmettent tout ce qu'ils reçoivent, il n'y a pas de mouvement de retour : ils tombent au repos, dès que l'excitation cesse.

Au contraire, à cause de leur grande densité et de la moindre mobilité de leurs molécules, les corps solides, tout en correspondant aussi promptement aux ondes sonores, ne le manifestent pas immédiatement. Il faut un grand nombre d'ébranlements pour donner aux vibrations de ces corps toute leur intensité; mais, quand l'exci-

tation cesse, ils reviennent d'autant plus lentement au repos qu'ils ont pris plus de temps pour acquérir le mouvement : ils finissent par rendre tout ce qu'ils ont reçu.

Les faits qui viennent d'être exposés prouvent, si je ne me trompe, que les parois exercent bien réellement une influence considérable sur la formation du son. Il n'est pas aussi aisé de déterminer avec précision en quoi consiste cette influence et comment elles l'exercent.

Pour rester sur le terrain des faits, je ferai remarquer que les parois vibrent déjà dans toute leur longueur, alors que la colonne gazeuse n'est encore ébranlée que sur une longueur relativement faible. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer entre elles les vitesses de propagation des ondes sonores dans l'air et dans les solides qui forment habituellement la matière des parois.

En prenant pour unité la vitesse de propagation dans l'air, cette vitesse est, en nombres ronds, dans le plomb, 4 ; dans l'étain, 7 à 7 1/2 ; dans le bois de chêne, 10 à 12 ; dans le bois de sapin, 12 à 17 environ. C'est dans le plomb que cette vitesse est la plus faible, vu le peu d'élasticité de ce métal. C'est sans doute une des causes — à part son peu de ténacité et de résistance — pour lesquelles le plomb est la matière la plus ingrate dont on fabrique des tuyaux. Il n'en est pas moins vrai que, même dans ce cas, le plus défavorable de tous, les ondes du bruissement n'ont encore pu ébranler la colonne aérienne que sur un quart de sa longueur, au moment où elles ont atteint et mis en vibration toute la longueur des parois. De même, la longueur de la colonne gazeuse ébranlée ne serait qu'un dixième environ pour un tuyau en chêne, et un quinzième environ pour un tuyau en sapin.

A plus forte raison resterons-nous beaucoup au-dessous de la vérité, en admettant que la progression du courant initial et des courants du premier cyclone jusqu'au moment où le courant dérivé fait sa première saillie, c'est-à-dire forme la première demi-onde du son propre du tuyau, —

que cette progression, dis-je, dure une fraction de seconde pendant laquelle les ondes du bruissement ont dépassé la longueur du tuyau.

En d'autres termes, bien avant que le tuyau émette sa première demi-onde, la colonne aérienne est assaillie de tous côtés par les vibrations des parois, qui ont sur elle une avance considérable, et ces assauts continuent aussi longtemps que le tuyau parle. Ces vibrations préliminaires, indifférentes comme celles du bruissement lui-même, ne sont peut-être que moléculaires. Elles doivent cependant pouvoir au moins tirer de leur inertie apparente les parois et la colonne gazeuse, et les disposer ainsi aux vibrations sonores proprement dites.

Que les saillies du courant dérivé produisent des ondes puissantes, personne n'en paraît étonné ; mais que les ondes du bruissement impriment des vibrations quelconques à des parois qu'on s'est habitué à considérer comme inébranlables, plusieurs y trouveront peut-être de quoi se récrier. Quelle petite cause pour un si grand effet! Il y a cependant des effets semblables, et même de plus grands, de même nature, qui passent inaperçus à force d'habitude. Ainsi, on se trouve souvent dans des conditions telles que les sons ne peuvent nous arriver que par l'intermédiaire des planchers, des murs, etc. Il faut donc alors que les ondes traversent ces obstacles, en les mettant en vibrations isochrones.

Personne ne conteste que le bois ne soit corps sonore. Mais n'est-il pas étrange de voir les mêmes auteurs qui lui reconnaissent cette qualité, en parlant, par exemple, du claque-bois, la lui refuser quand ce même bois devient paroi de tuyau, c'est-à-dire quand il est placé précisément dans d'excellentes conditions pour être corps sonore ?

Construits en bois de même essence que les tuyaux, des meubles d'un poids énorme, des stalles, des bancs, placés à grande distance de l'orgue, dans les conditions les plus défavorables, se mettent en vibration par influence malgré

les étouffoirs, les personnes qui y sont assises, et qui, malgré elles, participent à ces vibrations. Que sont, en comparaison de masses semblables, les parois de nos tuyaux? Se peut-il que ces parois, qui enserrent les foyers sonores, ne participent pas à leurs vibrations, et ne fassent pas partie constituante de ces appareils ?

Ici se dressent devant le chercheur des questions du plus vif intérêt. Il voudrait pénétrer plus avant, et préciser en quoi consiste cette influence incontestable des parois. Concourent-elles à régulariser, ou même à produire, les intermittences dans les saillies du courant dérivé ? Prennent-elles, dans les tuyaux à parois rigides, des mouvements d'ensemble, en se divisant en concamérations, comme dans les tuyaux à parois faibles ? Si l'on admet ces mouvements, comment se produisent-ils ? Dépendent-ils principalement de la nature et des dimensions des parois ? Est-ce peut-être l'invasion du courant injecté qui écarte les parois dans une concamération voisine de la bouche ? Quel effet produisent, à l'extrémité de la colonne aérienne, les vibrations qui, transmises par les parois, y arrivent en avance sur les ondes directes ?

Ces questions, et bien d'autres semblables, ne semblent guère pouvoir être tranchées par des recherches purement expérimentales. Je ne préjugerai donc pas la solution que l'avenir peut leur réserver. Du moins, les faits certains, exposés ci-dessus, me semblent légitimer la conclusion suivante :

Le tuyau est corps sonore conjointement avec la colonne aérienne ; ils travaillent de concert et sont inséparables. Le tuyau et son contenu ne font qu'un : c'est le corps et l'âme.

Il me reste à mentionner brièvement le résultat des recherches faites sur quelques autres instruments qui ne sont pas rangés d'ordinaire parmi les tuyaux sonores, mais qui sont néanmoins compris dans la définition générale que nous avons adoptée. Après les développements donnés jusqu'ici, il suffira d'indiquer *de visu* et sans longues explications les principaux faits observés.

APPEAU.

L'appeau ou *réclame* est une petite boîte dont le fond et le couvercle sont percés au centre. Par aspiration et par insufflation, on obtient une grande variété de sons, dont la hauteur dépend principalement de la force du courant.

Deux planchettes A et B, épaisses de 4^{mm} (fig. 23), collées entre deux glaces, donnent une tranche médiane de l'appeau. Le tout est inséré dans un pied de tuyau.

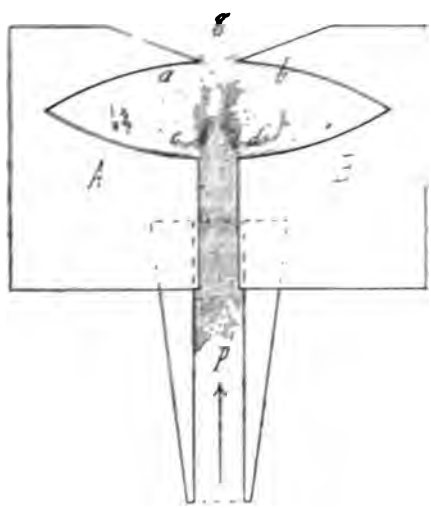
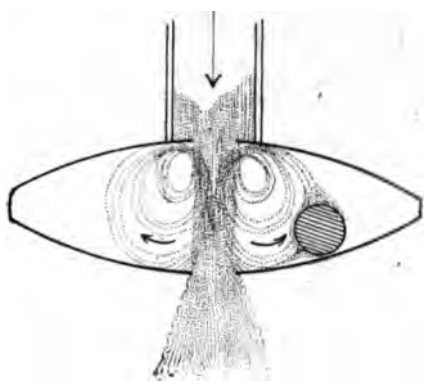


Fig. 23.

Le courant lancé par le pied *p* fait un vide en *c* et en *d* ; il s'élargit en cône et atteint l'orifice opposé ; c'est le *courant initial*. La partie centrale passe librement au dehors ; c'est le *courant extérieur g*, qui produit, après sa sortie, un *courant d'entraînement*. Les parties latérales du courant injecté, dont la partie centrale a sailli, sont réfléchies sur la paroi en *a* et en *b*, et aspirées par le vide fait en *c* et en *d*. Il se forme ainsi des courants qui

correspondent aux *courants injectés* et *dérivés* des tuyaux et deviennent des *courants sortants*. De chaque côté, il se forme un cyclone.

Cette expérience demande un courant si faible, qu'on ne l'obtient qu'en remuant tout doucement avec la main la table du soufflet épuisé. L'appareil est fixé sur un porte-vent dans lequel on a introduit un peu de fumée. En remuant la table du soufflet, on provoque des courants entrants d'air et des courants sortants de fumée. Les cyclones se forment avec une violence dont on n'a pas d'idée; les courants dérivés se divisent en plusieurs branches, comme dans le tuyau de la figure 13. On les voit très bien, malgré l'exiguïté de l'appareil ($6^{cm} \times 3^{cm}$), parce que les courants d'air et de fumée se succèdent alternativement.



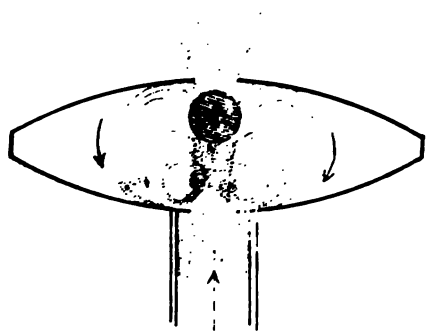
A

Fig. 24, A.

On peut faire cette expérience sans fumée avec un appeau dont au moins une des parois doit être concave à l'intérieur; une boîte de montre d'ancien modèle convient parfaitement. On y introduit une petite boule. On applique un porte-vent du côté du verre, et on penche l'appeau pour écarter la petite boule; quand le courant passe, on tourne l'appeau pour la faire passer verticalement de haut en bas (fig. 24, A). Avant d'en arriver

là, la boule est en course sur le fond; mais elle est arrêtée par le courant dérivé qui la rejette et la relève chaque fois que le fond concave la ramène. Quand la boule est bien choisie, il est rare qu'elle aille boucher le trou de sortie.

Lorsqu'on fait passer le courant en sens inverse, c'est-à-dire de bas en haut, quelque précaution que l'on prenne, la boule est lancée de bas en haut dans l'ouverture, dès qu'elle vient au contact du courant dérivé (fig. 24, B). On comprend pourquoi à l'inspection des figures.



B

Fig. 24, B.

Dans l'appeau, le cyclone est annulaire.

Un manomètre à alcool, passé par la paroi cylindrique, accuse toujours une pression pour un courant propulsé et une dépression pour un courant par aspiration. Le liquide ne peut pas, en effet, indiquer les condensations et les dilatations qui se succèdent trop rapidement. Il accuse simplement la pression moyenne dans l'instrument.

Lorsqu'on siffle avec la bouche, soit en soufflant, soit en aspirant, un manomètre placé entre les lèvres donne les mêmes indications. Il est très probable que tout se passe comme dans l'appeau.

APPEAU OUVERT

Lorsqu'un appeau doit parler par *aspiration*, il est bon qu'il soit bien fermé aux joints ; cependant une fermeture imparfaite n'empêche pas la production du son.

Pour le faire parler par *insufflation*, on peut enlever toute la paroi cylindrique, si les parois percées sont assez rapprochées ; deux cartes de visite proprement percées, maintenues entre les pouces et les index, ou mieux une bande de métal repliée, conviennent très bien ; il faut un peu d'exercice pour réussir.

Par aspiration, l'air qui afflue de tous les côtés sans être contrarié ne forme pas de cyclone, et il n'y a pas production de son musical ; il y a du bruissement. Par insufflation, on obtient un son musical. Il est probable qu'il se passe quelque chose d'analogue à ce que l'on observe dans les tuyaux ouverts aux deux bouts. Ceci n'a pas été soumis à l'expérience ; c'est une solution par analogie, comme pour la *bouche appeau*.

APPEAU A PAROIS FAIBLES

Un appeau en fer-blanc trop mince, de cinq centimètres de diamètre, ne parle pas par insufflation quand on applique les lèvres en plein sur la paroi, parce qu'on en arrête les vibrations ; c'est une analogie avec les tuyaux à parois faibles. Il parle quand on l'insère entre les lèvres, ce qui laisse libres les parois planes. Par aspiration, il est un peu moins délicat.

TOUPIE D'ALLEMAGNE

Il y a des instruments à embouchure de flûte, tels que la toupie d'Allemagne et le diable, où le mouvement qu'on leur imprime prend l'initiative pour former le son. Ces instruments n'entrent pas dans la catégorie de ceux que

nous avons étudiés. Il s'y forme des cyclones, comme dans les tuyaux circulaires, quand on dirige un courant d'air sur l'embouchure pour les faire parler. Il est probable qu'il s'en forme un, quand on supplée à ce courant en les faisant tourner, ou en faisant mouvoir l'embouchure à la rencontre de l'air.

SIRÈNE DE CAGNIARD

Dans la sirène de Cagniard de Latour, c'est un courant qui prend l'initiative pour former le son, mais une moitié de l'instrument est mobile sur l'autre.

Comme pour l'expérience de l'appeau, des planchettes découpées figurent une tranche de l'instrument à travers deux trous correspondants et sont maintenues entre deux glaces.

Quand un trou empiète sur un autre, il se fait, avant leur coïncidence, soit un tourbillon, soit un cyclone (il est difficile de s'en assurer, mais ici c'est peu important). Il s'en fait un deuxième, de sens inverse, durant l'autre moitié du passage.

Il est probable que le mécanisme de la formation du son des tuyaux, etc., qui parlent dans l'eau, est le même que celui des instruments qui parlent dans l'air.

RÉSUMÉ

1. Un tuyau sonore à bouche de flûte consiste en une colonne aérienne, suffisamment isolée par des parois rigides, de grande longueur par rapport à son diamètre ou à sa section transversale (10 à 12 fois), où un courant d'air prend l'initiative pour produire le son.

Toute masse d'air suffisamment isolée par des parois fixes, quelles que soient leur forme et leur résistance, fortes ou faibles, où un courant prend l'initiative pour produire le son, est régie par les mêmes lois. Le mécanisme de la production du son est le même.

2. Un courant d'air, en jaillissant, produit un *bruissement*. C'est *une confusion de sons dont aucun ne domine*. Il donne le branle à l'instrument et facilite sa mise en vibration pendulaire.

Si dans les sons du bruissement, sons dont nous ne pouvons apprécier ni le plus grave ni le plus aigu, il y en a qui correspondent au son propre de l'instrument, la vibration sonore peut s'établir par influence avant la formation des cyclones.

3. Après les courants d'air propulsés, ce sont les courants par entraînement qui jouent le principal rôle dans le mécanisme de la formation du son dans les instruments dont nous traitons.

Dans tous ces instruments, quelle que soit leur forme, il ne se produit de son musical qu'à condition qu'il s'y forme au moins un cyclone. Il s'en forme parfois un second, dont les fonctions ne me sont pas connues.

Il y a des cyclones fermés et des cyclones ouverts.

Le cyclone fermé est un courant, modifié de telle sorte par l'entraînement et la résistance de l'air et par la proximité d'obstacles qui s'opposent à sa libre progression et à la libre affluence de l'air ambiant, qu'il revient, totalement ou en partie, vers son origine et traverse par intermittence le courant générateur.

Le cyclone ouvert est un courant qui, pour les mêmes causes, en suscite par entraînement un autre qui vient de même traverser par intermittence, près de son origine, le courant générateur.

4. L'intermittence se fait avec le concours de la masse aérienne et des parois.

L'intermittence du courant dérivé et le balancement du courant initial qui en résulte, produisent, à l'intérieur de l'instrument, des condensations et des raréfactions alternatives, qui s'y propagent et se propagent au dehors. Ce sont des ondes condensées et dilatées, dont le nombre détermine la hauteur du son.

Les condensations et les raréfactions sont produites par invasions et par expulsions alternatives des courants. La condensation est produite par invasion et la raréfaction par exclusion, comme le montre le tuyau où aucun courant ne sort par la bouche.

Un tuyau peut parler sans que le courant initial se divise sur la lèvre (même expérience).

Il y a des courants giratoires qui ne sont pas des cyclones, parce que leur progression est continue; nous les avons nommés *tourbillons*. Tels sont, en général, ceux dont le courant dérivé, ou suscité, ne traverse pas le courant initial, ou le traverse sans intermittence.

5. Les parois des tuyaux qui ne sont pas assez résistantes sont *implicitement* reconnues comme corps sonores, conjointement avec la colonne aérienne, dans tous les traités de physique qui en font mention. Les expériences prouvent la réalité de ce fait.

Les expériences sur les tuyaux à parois résistantes où, par des coups de marteau, l'on amène alternativement des sons partiels différents, et l'expérience 3° sur les tuyaux tardifs, donnent une forte présomption pour admettre que les parois, même rigides, sont corps sonores conjointement avec la colonne aérienne.

Dans tous les instruments où l'on peut mettre obstacle à la vibration sonore des parois, le son musical ne se produit pas.

6. Il est probable qu'il se forme des cyclones dans les instruments tels que la toupie d'Allemagne, quand le courant est remplacé par le mouvement de l'embouchure à la rencontre de l'air.

Fr. Ch. Lootens, S. J.

LA SIMULATION DE LA MORT

Vous venez de le surprendre là, immobile, sur un rameau, dans les béatitudes du soleil. Votre main se lève, ouverte, prête à s'abattre et à le saisir. A peine avez-vous fait le geste, que l'insecte se laisse choir.

C'est un cuirassé d'élytres, lent à faire bâiller son étui de corne pour déployer les ailes et prendre l'essor ; ou bien encore un incomplet, dépourvu de membranes alaires. Incapable d'une prompte fuite, l'insecte surpris se laisse tomber à terre. Vous le cherchez, souvent peine inutile, au milieu des herbages. Si vous le trouvez, il est étendu sur le dos, les pattes repliées, ne bougeant plus. Nul signe de vie. Il fait le mort, dit-on ; il ruse pour se tirer d'affaire.

L'homme certainement lui est inconnu. En son petit monde, nous ne comptons pour rien. Que lui importent nos chasses, puériles ou savantes ? Il n'a cure du collectionneur et de sa longue épingle ; mais il connaît le danger en général ; il a le pressentiment de son naturel ennemi, l'oiseau insectivore, qui le gobe d'un coup de bec.

Pour déconcerter l'assaillant, il gît sur le dos, contracte les pattes, simule le cadavre. Ne voyant qu'une proie morte, l'oiseau, ou tout autre persécuteur, dédaignera sa trouvaille, et la vie sera sauve. A ce qu'on assure, ainsi raisonnerait l'insecte qui brusquement se laisse choir et contrefait le mort.

Cette ruse est depuis longtemps célèbre. Autrefois deux compagnons, à bout de ressources, vendirent la

peau de l'ours avant d'avoir mis l'animal à terre. La rencontre tourna mal ; il fallut fuir à la hâte. L'un d'eux bronche, tombe, retient le souffle et fait le mort. L'ours arrive, tourne et retourne l'homme, l'explore des naseaux, le flaire au visage. Il sent déjà mauvais, dit-il, et sans plus s'en retourne. Cet ours était un naïf.

L'oiseau, que je sache, ne serait dupe de ce grossier stratagème. En ces bienheureux temps où la découverte d'un nid est un événement à nul autre pareil, je n'ai jamais vu mes moineaux et mes verdiers refuser un criquet parce qu'il ne remuait plus, une mouche parce qu'elle était morte. Leur gosier ne réclame pas nourriture grouillante. Toute becquée qui ne se démène pas est très bien acceptée, pourvu qu'elle soit fraîche et de bon goût.

S'il compte, en effet, sur les apparences de la mort comme moyen de salut, l'insecte me semble donc mal inspiré. Mieux avisé que l'ours de la fable, l'oiseau, de sa prunelle perspicace, à l'instant reconnaîtra la supercherie et passera outre. Si d'ailleurs l'objet est réellement un défunt, frais encore, le coup de bec n'en sera pas moins donné.

Des doutes me viennent, plus pressants si je considère à quelles graves conséquences conduirait l'astuce de l'insecte. Il fait le mort, dit le langage populaire, peu soucieux de peser la valeur de ses termes ; il fait le mort, répète le langage savant, heureux de trouver là certaine éclaircie de raison chez la bête. Qu'y a-t-il de vrai dans ce dire unanime, trop peu réfléchi d'un côté, et de l'autre trop enclin à l'exagération théorique ?

Pour simuler la mort, il faut, c'est évident, une prévision de la mort. On n'imite pas l'inconnu, on ne contrefait pas l'ignoré. Eh bien ! l'insecte, disons mieux, l'animal quel qu'il soit a-t-il le pressentiment d'une fin inéluctable ; lui arrive-t-il d'agiter, dans sa fruste cervelle, la troublante question de la mort ?

J'ai beaucoup fréquenté la bête, j'ai vécu dans son

intimité, et je n'ai jamais rien observé qui m'autorise à répondre : oui. Cette inquiétude de la dernière heure, à la fois notre tourment et notre grandeur, est épargnée à l'animal, de destinée plus humble. Comme l'enfant encore dans les limbes de l'inconscience, il jouit du présent sans songer à l'avenir ; affranchi des amertumes d'une fin en perspective, il vit dans la douce quiétude de l'ignorance.

A nous seuls de prévoir la brièveté des jours ; à nous seuls d'interroger anxieusement l'au-delà. *Je pense, donc je suis*, disait Descartes. On pourrait ajouter : je suis, donc je prévois ma fin.

Du reste, cet aperçu du futur demande certaine maturité d'esprit, et se trouve par là d'éclosion assez tardive. J'en ai eu, cette semaine, un exemple touchant.

Un gentil minet, blanc et soyeux, joie de la maisonnée, après avoir traîné languissant une paire de jours, venait de mourir dans la nuit. Au matin, les enfants le trouvèrent raide étendu au fond de sa corbeille. Plus que ses aînés, la plus jeune, Anna, fillette de quatre ans, considérait d'un œil pensif le petit ami avec lequel elle avait tant joué. Elle le caressait de la main, l'appelait, lui présentait quelques gouttes de lait au fond d'une tasse. « Minet boude, disait-elle ; il ne veut pas de mon déjeûner. Il dort. Jamais je ne l'avais vu dormir comme cela. Quand se réveillera-t-il ? »

Ces naïvetés devant l'âpre problème de la fin, me serraient le cœur. A la hâte, je détournai l'enfant de ce spectacle et je fis, en cachette, inhumer le défunt.

Minet n'apparaissant plus désormais autour de la table à l'heure du repas, l'affligée comprit enfin qu'elle avait vu son ami dormir son dernier sommeil, un sommeil profond dont rien ne réveille. Pour la première fois venait d'entrer dans son esprit une vague idée de la mort.

Ferons-nous à l'insecte l'insigne honneur de savoir ce qu'ignorent nos jeunes années, alors que la réflexion déjà s'épanouit, bien supérieure, dans sa faiblesse, à l'obtus

intellect de la bête ? Lui accorderons-nous la prévision d'une fin, attribut pour lui importun et inutile ? Je n'ose m'aventurer jusque-là.

D'ailleurs, les arguments de la logique seraient ici déplacés. Essayons donc de faire parler l'expérience. De là seulement peut jaillir un éclair de vérité. A qui s'adresser pour obtenir un commencement de réponse ?

Un souvenir me vient, remontant à une quarantaine d'années. Tout heureux de mon récent triomphe universitaire, plus tard suivi de tant de déboires, je faisais halte à Cette, à mon retour de Toulouse, où je venais de passer mon examen de licence ès-sciences naturelles. L'occasion était belle de voir encore une fois la flore des bords de la mer, qui, peu d'années avant, faisait mes délices autour du golfe d'Ajaccio. C'eût été sottise que de ne pas en profiter.

Un grade ne confère pas le droit de ne plus étudier. Si l'on a vraiment un peu de feu sacré dans les veines, on reste écolier toute sa vie, non des livres, pauvre ressource, mais de l'inépuisable et grande école des choses.

Un jour donc, en juillet, dans le frais silence de l'aube, j'herborisais sur les plages de Cette. Pour la première fois, je récoltais le Liseron Soldanelle, qui traîne sur la limite des embruns ses cordettes, ses feuilles d'un vert lustré, ses grandes clochettes roses. Retiré dans sa coquille blanche, aplatie, fortement carénée, un curieux colimaçon *(Helix explanata)* somnolait par groupes sur les gramens. Les sables secs et mouvants me montraient çà et là de longues séries d'empreintes rappelant, en petit et sous une autre forme, les traces des oisillons sur la neige, cause de doux émois en mes jeunes années.

Que signifient ces empreintes ? Je les suis, chasseur à la piste d'un nouveau genre. Chaque fois, à leur point terminal, j'exhume, en fouillant à peu de profondeur, un superbe insecte qui ne m'était encore connu que de nom. C'est le Scarite géant *(Scarites gigas* Fabr.).

Je le fais marcher sur le sable. Il reproduit exactement les traces qui m'ont donné l'éveil. C'est bien lui qui, en quête de gibier la nuit, a, de ses doigts, marqué la piste. Avant le jour, il est rentré dans son repaire, et nul maintenant ne se montre à découvert.

Un autre trait de ses mœurs s'impose à mon attention. Tracassé un moment, puis mis à terre sur le dos, de longtemps il ne bouge, comme inanimé. Nul encore parmi les autres insectes, objets d'ailleurs d'un superficiel examen sous ce rapport, ne m'avait montré telle persistance dans l'inertie. Ce détail se grave si bien dans mon esprit que, quarante ans après, désireux d'expérimenter les insectes experts dans l'art de simuler la mort, je songe immédiatement au Scarite.

Un ami m'en fait parvenir une douzaine de Cette, de la plage même où j'avais jadis passé délicieuse matinée en compagnie de cet habile mime des morts. Ils m'arrivent en parfait état, pêle-mêle avec des Pimélies *(Pimelia bipunctata* Fabr.) leurs compatriotes des sables maritimes. De celles-ci, troupeau lamentable, beaucoup sont éventrées, vidées à fond sous leur carapace; d'autres ne gardent que des moignons de pattes ; quelques-unes, rares, se sont maintenues ingambes.

Les tragiques événements passés dans la boîte, pendant le trajet de Cette à Sérignan, n'ont pas besoin d'autre preuve. Les Scarites, violents giboyeurs, ont fait bombance, à ventre que veux-tu, des paisibles Pimélies. Les traces que je suivais autrefois sur les lieux mêmes étaient le certificat de leurs rondes nocturnes, à la recherche de la proie succulente, la Pimélie pansue, dont l'unique défense consiste en une forte armure de corne.

Mais que peut telle cuirasse contre les atroces tenailles du forban? C'est, en effet, un rude chasseur que ce Nemrod du littoral. Tout noir et brillant ainsi qu'un bijou de jais, il a le corps coupé en deux par un fort étranglement de la taille. Son arme de combat consiste en pinces

d'exceptionnelle vigueur. Nul de nos insectes ne l'égale en puissance de mandibules. J'en excepte le Cerf-volant, incomparablement mieux outillé ou, pour mieux dire, orné, car les pinces en ramure de cerf de l'hôte des chênes sont des atours de la parure masculine, bien mieux qu'une panoplie de bataille.

Le brutal Carabique, éventreur de Pimélies, a conscience de sa force. Si je le harcèle un peu sur ma table, il se met aussitôt en posture défensive. Bien cambré sur ses courtes pattes, surtout celles d'avant, dentelées en râteau de fouille, il se disloque pour ainsi dire à la faveur de l'étranglement de sa taille ; il relève fièrement la moitié antérieure du corps, son large corselet taillé en cœur, sa tête massive, ouvrant en plein les menaçantes tenailles. Il en impose alors. Mieux encore : il a l'audace de courir sus au doigt qui vient de le toucher. Voilà certes un sujet d'intimidation non facile. J'y regarde à deux fois avant de le manier.

Je loge mes étrangers, partie sous cloche en toile métallique, partie dans des bocaux, tous avec couche de sable. Sans tarder, chacun se creuse un terrier. L'insecte infléchit fortement la tête, et de la pointe des mandibules, assemblées en un pic, rudement pioche, laboure, excave. Les pattes d'avant, dilatées et armées de crocs, cueillent les matériaux poudreux en une brassée qui se refoule au dehors à reculons. Ainsi s'élève une taupinée sur le seuil du clapier. Celui-ci rapidement se prolonge et, par une douce pente, atteint le fond du bocal. Arrêté dans le sens de la profondeur, le Scarite travaille alors contre la paroi de verre et continue son ouvrage dans un plan horizontal jusqu'à lui donner près de trois décimètres de développement en totalité.

Cette disposition de la galerie, presque en entier sous le couvert immédiat du verre, m'est très utile pour suivre l'insecte dans l'intimité du « chez soi ». Si je veux assister à ses manœuvres souterraines, il me suffit de soulever

le manchon opaque dont j'ai soin d'envelopper le bocal afin d'éviter au reclus l'importunité de la lumière.

Lorsque le logis est jugé de longueur suffisante, je vois le Scarite revenir à l'entrée, qu'il travaille avec plus de soin que le reste. Il en fait une embouchure en entonnoir, un gouffre à déclivité mouvante. Cela se continue par un plan incliné, entretenu libre de tout éboulis. Au bas de la pente est le vestibule de la galerie horizontale. Là d'habitude se tient le vénateur, immobile, les tenailles à demi ouvertes. Il attend.

Quelque chose bruit là-haut. C'est un gibier que je viens d'introduire, une Cigale, somptueux morceau. Le somnolent embusqué aussitôt se réveille et agite ses palpes, qui frémissent de convoitise. Avec prudence, pas à pas, il remonte son plan incliné. Un coup d'œil est jeté au dehors. La Cigale est vue. L'autre s'élance de son puits, accourt, la saisit, l'entraîne à reculons.

La lutte est brève, avec le traquenard de l'entrée, qui bâille en cratère pour recevoir aisément une proie même volumineuse, et qui se rétrécit en un précipice croulant, où toute résistance est paralysée. La pente est fatale : qui en franchit le seuil ne peut plus éviter l'égorgeoir.

Tête première, la Cigale plonge dans le gouffre, où par saccades l'entraîne le ravisseur. Elle est introduite dans le tunnel surbaissé, où, faute d'espace, cesse tout trémoussement des ailes ; elle arrive dans la chambre d'équarrissage, à l'extrémité de la galerie. Quelque temps alors le Scarite la travaille de ses crocs pour l'immobiliser à fond, crainte d'une fuite ; puis il remonte à l'orifice du charnier.

Ce n'est pas tout que de posséder venaison copieuse, il s'agit maintenant de la consommer en paix. La porte est donc fermée aux fâcheuses visites, c'est-à-dire que l'insecte comble l'entrée de son entonnoir avec sa taupinée de déblais. Ces précautions prises, il redescend et s'attable. Il ne rouvrira sa cachette et ne refera le gouffre de l'en-

trée que plus tard, de nouveau stimulé par la faim. Laissons le goinfre à sa curée. D'ailleurs, ses rapines sont hors de cause dans le sujet qui nous occupe. Les quelques traits que je viens d'en raconter suffisent.

Ils nous apprennent que le Scarite est un audacieux forban. Non intimidé ni par leur taille, ni par leur vigueur, il va saisir à distance les passants, quels qu'ils soient ; il les entraîne de force dans son coupe-gorge. La Pimélie, la Cétoine dorée, le Hanneton vulgaire, sont pour lui proie médiocre. Dans mes volières, je le vois s'attaquer à la Cigale ; je le vois appréhender le corpulent Hanneton du pin, supérieur en volume ainsi qu'en puissance d'effort. C'est ce bandit prêt à tous les mauvais coups, ce téméraire éventreur si bien armé pour l'attaque et pour la défense, que nous interrogerons le premier sur la question de la mort simulée.

Provoquer son état d'inertie est affaire des plus simples. Je le manie un instant, je le roule entre les doigts ; ou mieux : je le laisse tomber sur la table, à deux ou trois reprises, d'une faible hauteur. La commotion du choc reçue et renouvelée s'il y a lieu, je mets l'insecte sur le dos. Cela suffit : le gisant ne bouge plus, comme trépassé.

Il a les pattes repliées contre le ventre, les antennes étalées en croix, les tenailles ouvertes. Une montre à côté me donne la minute précise du début et de la fin de l'épreuve. Il ne s'agit plus que d'attendre. Armons-nous surtout de patience. La durée est bien fastidieuse pour l'observateur aux aguets d'un événement, et l'immobilité de l'insecte exige d'être épiée des heures et puis des heures.

La pose inerte est très variable de persistance dans la même journée, les mêmes conditions atmosphériques et avec le même sujet, sans que je puisse démêler les causes qui l'abrègent ou la prolongent. Sonder les influences extérieures, si nombreuses et parfois si faibles, interve-

nant ici; scruter surtout les intimes impressions de la bête, ce sont là secrets impénétrables. Bornons-nous à l'enregistrement des résultats.

L'immobilité se maintient assez souvent une cinquantaine de minutes; dans certains cas même, elle dépasse une heure. La durée la plus fréquente est en moyenne de vingt minutes. Si rien ne trouble l'insecte, si je le couvre d'une cloche de verre, à l'abri des mouches, importunes visiteuses dans la chaude saison où j'opère, l'inertie est parfaite. Nul frémissement ni des tarses, ni des palpes, ni des antennes. C'est bien, dans toute sa rigidité cadavérique, le simulacre de la mort.

Enfin le trépassé ressuscite. Les tarses tremblotent, ceux d'avant les premiers ; les palpes et les antennes lentement oscillent. C'est le prélude du réveil. Les pattes maintenant gesticulent. L'animal se coude un peu en sa ceinture étranglée ; il s'arc-boute sur la tête et le dos, il se retourne. Le voilà qui trottine et décampe, prêt à redevenir mort apparent si je renouvelle ma tactique d'un léger choc.

Recommençons à l'instant. Le frais ressuscité est de nouveau immobile sur le dos. Il prolonge même sa posture de mort plus longtemps qu'il ne l'avait fait au début. A son réveil, je reprends l'épreuve une troisième, une quatrième, une cinquième fois, sans intervalles de repos. L'immobilité va croissant. Citons les chiffres exacts. Les cinq épreuves consécutives, de la première à la dernière, ont duré respectivement 17 minutes, puis 20 minutes, 25, 33, et 50 minutes. Du quart d'heure, la pose de la mort atteint presque l'heure entière.

Sans être constant, pareil fait revient à nombreuses reprises dans mes expérimentations, avec des durées variables, bien entendu. Il nous dit qu'en général le Scarite prolonge davantage sa pose inerte à mesure que l'épreuve se répète. Est-ce affaire d'accoutumance, est-ce aggravation de ruse dans l'espoir de lasser enfin l'en-

seul ! Conclure déjà serait prématuré : l'interrogation de l'insecte n'est pas suffisante.

Attendons. N'allons pas d'ailleurs nous figurer qu'il soit possible de continuer ainsi jusqu'à épuisement de notre patience. Tôt ou tard, ahuri par mes tracasseries, le Scarite se refuse à faire le mort. A peine mis sur le dos, il se retourne et fuit, comme s'il jugeait désormais inutile un stratagème de si médiocre succès.

A s'en tenir là, les apparences seraient bien que l'insecte, roué mystificateur, cherche, comme moyen de défense, à duper qui l'attaque. Il contrefait le mort ; il recommence, plus tenace en sa supercherie à mesure que l'agression se répète. Mais ce n'est là que la face de la médaille, à inscription laconique, interprétée trop à la hâte ; examinons maintenant le revers, où se lira peut-être légende mieux explicative. A notre tour de faire intervenir nos artifices et de duper le dupeur, si réellement il y a tromperie.

L'insecte expérimenté gît sur ma table. Il sent sous lui corps dur, de fouille impraticable. Faute d'espoir en un refuge souterrain, travail facile à ses vigoureux et prestes outils, le mineur se tient coi dans sa pose mortuaire, une heure et plus s'il le faut, jusqu'à ce que pleine sécurité soit revenue. S'il reposait sur le sable, l'arène mobile qui lui est si familière, ne reprendrait-il pas son activité plus rapidement ; ne trahirait-il pas au moins par quelques tentatives son désir de se dérober dans le sous-sol ?

Je m'y attendais. Me voilà détrompé. Que je le dépose sur le bois, le verre, le sable, le terreau, le Scarite ne modifie pas sa tactique. Sur une surface d'excavation aisée, il prolonge son état d'inertie aussi longtemps que sur une surface inattaquable.

Cette indifférence sur la nature de l'appui entrebâille la porte au doute ; ce qui suit l'ouvre toute grande. Le patient est là, sur la table, devant moi qui l'observe de près. De ses yeux luisants, obombrés des antennes, il me

voit lui aussi ; il me regarde, il m'observe, si telle façon de parler est ici permise. Que peut bien être l'impression visuelle de l'insecte en face de cette énormité, l'homme ? Comment le nain toise-t-il le monstrueux monument de notre corps ? Vu du fond de l'infiniment petit, l'immense n'est peut-être rien.

N'allons pas si loin ; admettons que l'insecte m'observe, me reconnaît pour son persécuteur. Tant que je serai là, le méfiant ne bougera pas. S'il s'y décide, ce sera après avoir lassé ma patience. Éloignons-nous donc. Alors, toute ruse devenue inutile, il s'empressera de se remettre sur pattes et de déguerpir.

Je vais dix pas plus loin, à l'autre bout de la salle. Je me dissimule, sans remuer, crainte de troubler le silence. L'insecte se relève-t-il ? Pas du tout. Mes précautions sont vaines. Isolé, abandonné à lui-même, parfaitement tranquille, il reste immobile aussi longtemps que dans mon étroit voisinage.

Faisons mieux. Je le couvre d'une cloche, qui le garantira des mouches tracassières, et je quitte l'appartement. Plus rien autour de lui de nature à l'inquiéter. Portes et fenêtres sont closes. Aucun bruit du dehors, aucune cause d'émoi à l'intérieur. Que va-t-il advenir au milieu de cette profonde paix ?

Rien de plus, rien de moins qu'à l'ordinaire. Après des vingt, des quarante minutes d'attente, je reviens à mon insecte. Je le retrouve tel que je l'avais laissé, étendu immobile sur le dos. Me voilà hors de cause : que je sois présent ou absent, la pose inerte se maintient dans les mêmes limites de durée.

Cette épreuve, maintes fois renouvelée avec des sujets différents, projette vive lumière sur la question. Elle affirme, de façon expresse, que l'attitude mortuaire n'est pas une supercherie de l'insecte en danger. Ici rien n'intimide l'animal. Autour de lui, tout est silence et repos. S'il persiste dans l'immobilité, ce ne saurait être mainte-

nant pour duper un agresseur. Il y a autre chose en jeu qu'une ruse défensive.

D'ailleurs, en quoi des artifices spéciaux de défense lui seraient-ils nécessaires ? Je comprendrais un faible, un pacifique pauvrement défendu, ayant recours à des ruses ; lui, le robuste, le belliqueux si bien cuirassé, je ne le comprends pas. Aucun insecte de ses plages n'est de force à lui tenir tête. Les plus vigoureux sont le Scarabée semi-ponctué et la Pimélie, gent débonnaire qui, loin de le molester, garnit de proie son charnier. Donc du côté de la race insecte, nul péril pour lui.

Serait-il menacé par l'oiseau ? C'est très douteux. En sa qualité de Carabique, il est saturé d'âcretés qui doivent faire de son corps becquée peu engageante. Il a mieux encore pour le protéger de pareils ennemis. De jour, il est blotti au fond d'un terrier où nul ne le verra, ne le soupçonnera ; il n'en sort que la nuit, alors que l'oiseau n'inspecte plus le rivage. Donc pas de bec à redouter.

Et ce bourreau des Pimélies, à l'occasion même des Scarabées, ce brutal forban que rien ne menace, serait poltron au point de faire le mort à la moindre alerte ! Je me permets d'en douter de plus en plus.

Ainsi me le conseille le Scarite lisse (*Scarites lævigatus* Fabr.), hôte des mêmes plages. Le premier est un géant ; le deuxième, en comparaison, est un nain. Même forme d'ailleurs, même costume de jais, mêmes habitudes de brigandage.

Eh bien, le Scarite lisse, malgré sa faiblesse, son exiguïté de taille, ignore presque l'artifice de la mort simulée. Tracassé un moment, puis mis sur le dos, aussitôt il se relève et fuit de toute la vitesse de ses courtes pattes. Ma patience s'y épuise en essais. C'est à grand'peine que j'obtiens l'immobilité pendant quelques secondes. Une seule fois, enfin dompté par ma persistance, le fougueux nain se tient coi un quart d'heure.

Que nous sommes loin du géant, immobile aussitôt

culbuté sur le dos et ne se relevant parfois qu'après une heure d'inertie ! C'est l'inverse de ce qui devrait se passer si réellement la mort apparente était une ruse de guerre. Au géant, confiant dans sa force, de dédaigner cette posture de poltron ; au nain, peu rassuré, d'y vite recourir ; et c'est précisément le contraire. Qu'y a-t-il donc là dessous, quand le fort cède et le faible résiste ? Aurai-je le mot de l'énigme ?

Essayons l'influence du péril. Quel ennemi mettre en présence du gros Scarite, immobile sur le dos ? Je ne lui en connais pas. Suscitons alors un semblant d'agresseur. Les mouches me mettent sur la voie. J'ai dit leur importunité dans le cours de mes recherches à l'époque des chaleurs. Si je ne fais intervenir une cloche, ou si je n'y veille avec assiduité, il est rare que l'acariâtre diptère ne se pose sur mon inerte sujet et ne l'explore de la trompe. Laissons-le faire cette fois.

A peine la mouche a-t-elle effleuré de la patte ce semblant de cadavre, que les tarses du Scarite frémissent, comme secoués par une légère commotion galvanique. Si la visiteuse ne fait que passer, les choses ne vont pas plus loin. Mais si l'exploration du diptère est de quelque durée, au voisinage surtout de la bouche, humide de salive ou de sucs alimentaires dégorgés, le tracassé promptement gigote, se retourne et trottine.

Il n'a pas jugé nécessaire, dira-t-on, de prolonger sa supercherie devant un adversaire si méprisable. Il reprend l'activité parce qu'il a reconnu la nullité du péril.

Soit. La raison est plausible. Adressons-nous alors à un autre importun, de taille imposante et de vigueur redoutable. J'ai précisément sous la main le Capricorne, le haut encorné puissant de griffes et de mandibules. C'est un pacifique, je le sais bien ; mais le Scarite n'en connaît pas les mœurs placides. Sur les sables de sa plage, il ne s'est jamais trouvé en présence de tel colosse,

capable d'en imposer à de moins timides que lui. L'inconnu ne fera qu'aggraver les apparences de péril.

Guidé par le bout de ma paille, le Capricorne met la patte sur l'insecte gisant, dont les tarses aussitôt frémissent. Si le contact se prolonge, se multiplie, tourne à l'agression, le Scarite se remet sur jambes et détale. Rien autre que ne m'aient déjà appris les titillations du diptère. Dans l'imminence d'un péril, d'autant plus à craindre qu'il est inconnu, la fourberie du simulacre de la mort disparaît, remplacée par la fuite.

L'épreuve suivante a sa petite valeur. Je choque d'un corps dur le pied de la table où se trouve l'insecte étendu sur le dos. La secousse est très légère, insuffisante pour ébranler la table de manière sensible. Tout se borne aux intimes vibrations d'un corps élastique choqué. Il n'en faut pas davantage pour troubler l'immobilité de l'insecte. A chaque percussion, les tarses s'infléchissent, tremblotent un instant.

Pour en finir, citons l'effet de la lumière. Jusqu'ici le patient a été expérimenté dans la pénombre de mon cabinet, hors de l'insolation directe. Sur les fenêtres, le soleil donne en plein. Que fera l'insecte immobile si je le transporte d'ici là, de ma table sur la fenêtre, en vive clarté ? C'est à l'instant reconnu : aussitôt sous les rayons directs du soleil, le Scarite se retourne et se sauve.

C'en est assez. Patient persécuté, tu viens de trahir ton secret. Quand la mouche te taquine, te tarit la lèvre visqueuse, te traite en cadavre dont volontiers elle humerait les sucs ; quand apparaît à ton regard terrifié ce monstrueux Capricorne qui te pose la patte sur le ventre comme pour prendre possession d'une proie ; quand la table frémit, c'est-à-dire quand pour toi le sol tremble, miné peut-être par quelque envahisseur du terrier; quand une vive lumière t'inonde, favorable aux desseins de tes ennemis et dangereuse à ta sécurité d'insecte ami des ténèbres, c'est alors, en vérité, c'est alors qu'il convien-

drait de ne point bouger, si réellement, lorsqu'un péril te menace, ta ressource est de faire le mort.

En ces moments critiques, tu tressailles, au contraire ; tu t'agites, tu te remets sur pied, tu décampes. Ta fourberie est éventée ; ou, pour mieux dire, il n'y a pas de ruse. Ton inertie n'est pas simulée, elle est réelle. C'est un état de torpeur momentanée, involontaire où te plonge l'émoi de ta délicate innervation. Un rien t'y fait tomber, un rien t'en retire, et surtout un bain de soleil, premier stimulant de toute vie.

Sous le rapport d'une longue immobilité à la suite d'un émoi, je trouve un émule du Scarite dans un gros Bupreste noir, à corselet enfariné, ami du prunellier, de l'abricotier, de l'aubépine. C'est le *Capnodis tenebrionis* de Linné. En certains cas, je le vois, les pattes étroitement repliées, les antennes rabattues, prolonger au delà d'une heure sa pose inerte sur le dos. En d'autres, l'insecte a ses nerfs, dirait-on ; il s'entête à fuir, influencé peut-être par des conditions atmosphériques dont je n'ai pas le secret. Une ou deux minutes d'immobilité, c'est alors tout ce que j'obtiens. Redisons-le : chez mes divers sujets, l'attitude morte est très variable de durée, régie qu'elle est par une foule de circonstances délicates, insoupçonnées.

Profitons des occasions bonnes qui de temps en temps surviennent sans motifs qui nous soient connus. Je soumets le Bupreste ténébrion aux diverses épreuves subies par le Scarite géant. Les résultats sont les mêmes ; qui connaît les premiers connaît les seconds. Inutile de s'y arrêter. Je mentionnerai seulement la promptitude avec laquelle le Bupreste, immobile à l'ombre, reprend son activité lorsque je le transporte de ma table au plein soleil de la fenêtre.

En moins d'une minute de ce bain lumineux et chaud, l'insecte entr'ouvre ses élytres dont il fait levier et se retourne, très agile à fuir si ma main ne le happe à l'in-

stant. C'est un passionné de lumière, un fervent de l'insolation, dont il se grise sur l'écorce de ses prunelliers dans les après-midi les plus chaudes.

Cet amour des températures tropicales me suscite la question que voici : Qu'adviendrait-il si je refroidissais l'animal dans sa pose immobile ? J'entrevois une prolongation de l'inertie. Le refroidissement, bien entendu, ne doit pas être considérable, car alors arriverait la torpeur léthargique où tombent, engourdis par le froid, les insectes aptes à passer l'hiver. Il faut, au contraire, que le Bupreste conserve du mieux sa plénitude de vie.

L'abaissement de température sera donc très modéré, et tel que l'insecte, en semblable condition de climat, ne perde rien de son activité dans la vie courante. Je dispose précisément d'un frigorifique convenable. C'est l'eau de mon puits dont la température en été est d'une douzaine de degrés au-dessous de celle de l'air ambiant.

Le Bupreste, dont je viens à l'instant de provoquer l'inertie, est installé sur le dos au fond d'un petit bocal que je bouche de façon hermétique et que j'immerge dans un baquet plein de cette eau fraîche. Pour maintenir le bain dans sa fraîcheur initiale, je le renouvelle peu à peu en prenant bien garde de ne pas ébranler le bocal où gît le patient dans sa posture de mort.

Le résultat me dédommage de mes soins. Au bout de cinq heures sous l'eau, l'insecte ne bouge pas encore. Je dis cinq heures, cinq longues heures, et je pourrais certainement dire davantage si ma patience lassée n'avait mis fin à l'épreuve. Mais cela suffit pour écarter toute idée de supercherie de la part de la bête. L'insecte, évidemment, ne fait pas ici le mort. Il est réellement, non mort, mais somnolent, immobilisé par un trouble intime que mes tracasseries ont provoqué au début et que la fraicheur ambiante prolonge au delà des habituelles limites.

Par la même méthode, j'essaye sur le Scarite géant l'effet d'une légère diminution de température. Le résultat

ne répond pas aux espérances que me donnait le Bupreste. Cinquante minutes d'inertie, c'est tout ce que j'obtiens. Sans l'artifice du refroidissement, bien des fois j'avais obtenu immobilité de durée pareille.

Je devais m'y attendre. Le Bupreste, ami des violentes insolations, est impressionné par le bain froid dans une autre mesure que le Scarite, rôdeur de nuit et hôte du sous-sol. Quelques degrés en moins surprennent le frileux et sont indifférents à l'habitué des fraîcheurs souterraines. D'autres essais dans cette voie ne m'en apprennent pas davantage. Je vois l'état inerte persister tantôt plus, tantôt moins suivant que l'insecte recherche ou fuit les coups de soleil. Changeons de méthode.

Je fais évaporer dans un bocal quelques gouttes d'éther sulfurique, et j'y introduis à la fois un Géotrupe stercoraire et un Bupreste ténébrion, l'un et l'autre capturés le jour même. En quelques instants, les deux sujets sont immobiles, hypnotisés par les vapeurs éthérées. Je me hâte de les retirer et de les mettre à l'air libre, sur le dos.

Leur pose est exactement celle qu'ils auraient prise sous l'influence d'un choc ou de toute autre cause d'émoi. Le Bupreste a les pattes régulièrement repliées contre la poitrine et le ventre ; le Géotrupe a les siennes étalées, tendues en désordre, rigides et comme prises de catalepsie. Sont-ils morts ; sont-ils vivants ? On ne saurait encore le dire, tant les apparences sont fallacieuses.

Ils ne sont pas morts, du moins le Géotrupe, car au bout d'une paire de minutes, je lui vois les tarses trembloter, les palpes frémir, les antennes mollement osciller. Puis les pattes antérieures remuent, et un quart d'heure ne s'est pas écoulé que les autres pattes se dénènent. De la même façon se réveillerait de l'avant à l'arrière l'activité de l'insecte immobilisé par la commotion d'un choc.

Quant au Bupreste, il est dans une inertie si profonde et si prolongée, que je le crois réellement mort. Je me trompais. Le lendemain, je le trouve déambulant, aussi

ingambe que jamais, sous la cloche où il a passé la nuit. L'épreuve de l'éther, que j'ai eu soin d'arrêter aussitôt produit l'effet désiré, ne lui a pas été fatale ; mais elle a eu pour lui, de nervosité délicate, des conséquences bien autrement graves que pour le Géotrupe, nature grossière. Le plus sensible à l'abaissement de température a été aussi le plus sensible à l'action de l'éther.

Ainsi s'expliquerait, par de profondes différences dans la délicatesse de l'innervation, l'énorme écart que je constate entre les deux insectes sous le rapport de l'immobilité provoquée par le choc ou le maniement entre les doigts. Tandis que le Bupreste tarde à bouger près d'une heure, le Bousier violemment s'agite au bout d'une paire de minutes. Et encore j'obtiens rarement cette limite soit avec le Géotrupe stercoraire, soit avec le Géotrupe hypocrite.

La variable impressionnabilité comme cause de la mort apparente est interprétation bien autrement admissible et lucide qu'une ruse, qu'une matoiserie. En quoi le Bousier, pour se défendre, a-t-il moins besoin du stratagème de la mort simulée, que le noir Bupreste, si bien protégé par sa configuration massive et sa cuirasse, dure au point de défier la pointe de mon épingle ?

Nous serions harcelés de la même question par une multitude d'insectes, gardant les uns l'immobilité et les autres non, sans qu'il nous soit possible de prévoir ce qui adviendra d'après le genre de la bête, sa configuration, sa manière de vivre. Le Bupreste ténébrion, par exemple, a l'inertie tenace. En sera-t-il de même, à cause de la parité de structure, des autres membres du groupe ? Pas du tout.

Dans le courant de ces études, le hasard des trouvailles me vaut le Bupreste éclatant (*Buprestis rutilans* Fabr.) et le Bupreste à neuf taches (*Ptosima novemmaculata* Fabr.). Le premier est rebelle à toutes mes tentatives. La splendide bestiole s'agriffe à mes doigts, à mes pinces, et s'ob-

stine à se retourner aussitôt culbutée sur le dos. Le second facilement s'immobilise ; mais combien brève sa pose inerte ! Quatre à cinq minutes au plus.

Un mélasome que je rencontre fréquemment parmi les pierrailles des collines voisines, l'*Omocrates abbreviatus* Oliv., persiste dans l'immobilité au delà d'une heure. Pour l'inertie prolongée, c'est un rival du Scarite. N'oublions pas d'ajouter que parfois en peu de minutes, le réveil se fait. Serait-ce à sa qualité de ténébrionide qu'il doit sa longue somnolence ?

Nullement ; car voici, du même groupe, la Pimélie biponctuée qui fait la culbute sur son dos arrondi et se retourne pas plus tôt renversée ; voici le *Blaps similis* Lotr., qui, impuissant à se retourner avec son échine plate, sa corpulence et ses élytres soudées, désespérément s'agite après une minute ou deux d'immobilité.

Les coléoptères à pattes courtes, les trotte-menu, devraient, semble-t-il, suppléer par la ruse, mieux que les autres, à leur incapacité d'une fuite rapide. Les faits ne répondent pas à cette prévision, si bien fondée en apparence. J'ai consulté les genres Chrysomèle, Escarbot, Silphe, Cléone, Bolboceras, Cétoine, Hoplie, Coccinelle, etc.; presque toujours quelques minutes, quelques secondes suffisent au retour de l'activité. Divers même se refusent obstinément à l'inertie.

Autant faut-il en dire des coléoptères bien doués pour la fuite pédestre. Il y en a qui gardent quelques instants l'immobilité ; il y en a de plus nombreux encore qui se démènent, indomptables.

En somme, nul guide qui puisse nous dire à l'avance : « Celui-ci prend aisément la pose des morts, ce deuxième hésite, ce troisième refuse ». Rien que de vagues probabilités, tant que l'expérience n'a pas dit son mot. De cette mêlée confuse dégagerons-nous une conclusion où l'esprit puisse trouver repos ? Oui, me semble-t-il, et je vais l'essayer.

J'évoque un des meilleurs souvenirs que m'ait laissés mon court passage au collège royal de Rodez. Ainsi disions-nous alors ; aujourd'hui on dit « lycée », tant les choses se perfectionnent. Le saint jeudi venu, la version faite et la décade de racines grecques apprise, nous descendions en bas, au fond de la vallée, par bandes d'étourdis. La culotte retroussée jusqu'aux genoux, nous exploitions, naïfs pêcheurs, les anses tranquilles de la rivière, l'Aveyron.

Notre espoir était la loche, pas plus grosse que le petit doigt, mais alléchante par son immobilité sur le sable, au milieu des herbages ; nous comptions bien en larder quelqu'une avec notre trident, une fourchette. Cette pêche miraculeuse, objet de tant de cris de triomphe au moment du succès, bien rarement nous était dévolue. La loche, la coquine, voyait venir la fourchette et lassait notre persévérance.

On s'en dédommageait avec les pommiers des pelouses voisines. De tout temps la pomme a fait la joie de la gaminaille, surtout quand elle est cueillie sur un arbre qui ne vous appartient pas. On se bourrait les poches du fruit défendu.

Une autre distraction nous attendait. Les troupeaux de dindons n'étaient pas rares, vagabondant à leur guise et grugeant le criquet à l'entour des fermes. Si nul surveillant ne se montrait, la partie était belle. Chacun de nous s'emparait d'un dindon, lui mettait la tête sous l'aile, le balançait un moment dans cette posture, puis le déposait à terre, couché sur le flanc. L'oiseau ne bougeait plus. Toute la bande dindonnière subissait notre manipulation d'endormeurs, et la pelouse prenait l'aspect d'un champ de bataille semé de morts et de mourants.

Gare alors à la fermière ! Les gloussements des oiseaux harcelés lui avaient révélé nos diaboliques manœuvres. Elle accourait, armée d'un fouet. Mais les bonnes jambes que nous avions alors ! les beaux éclats de rire derrière les haies, favorables à la fuite !

Bienheureux temps des dindons endormis, retrouverai-je mon habileté d'alors ? Ce n'est plus aujourd'hui espièglerie d'écolier, c'est grave recherche. Justement, j'ai le sujet qu'il me faut : une dinde, prochaine victime des joies de la Noël. Je recommence avec elle la tactique qui si bien me réussissait sur les bords de l'Aveyron. J'engage profondément sa tête sous l'aile, et tout en le maintenant des deux mains en cette posture, je balance avec douceur l'oiseau de haut en bas une paire de minutes.

L'étrange effet est produit ; mes manœuvres d'enfant ne réussissaient pas mieux. Déposé à terre et abandonné à lui-même, mon sujet est une masse inerte. On le prendrait pour mort si le plumage se gonflant un peu, se dégonflant, ne trahissait le souffle respiratoire, bien ralenti d'ailleurs. On dirait vraiment un cadavre qui, en une suprême convulsion, a retiré contre le ventre ses pattes refroidies, à doigts recroquevillés. Le spectacle a tournure tragique, et je me sens gagné d'un certain émoi devant les résultats de mes maléfices. Pauvre dindon ! s'il ne se réveillait plus !

N'ayons crainte : il se réveille, il se redresse, titubant un peu, il est vrai, la queue pendante et l'air penaud. Cela passe vite, rien n'en reste. En peu d'instants, l'oiseau est redevenu ce qu'il était avant.

Cet arrêt de l'activité, cette torpeur, moyen terme entre la mort et le vrai sommeil, est de durée très variable. Je dispose de deux sujets. L'un se relève au bout de cinq minutes ; l'autre reste une demi-heure sur le flanc. Ici, comme pour l'insecte, l'embarras serait extrême de démêler les causes de ces différences.

Au tour de la pintade. Cette fois la torpeur est de si longue durée, que l'inquiétude me vient. L'oiseau serait-il réellement trépassé ? Du bout du pied, je le déplace un peu. La voilà qui se relève et décampe. Sa léthargie, que mes appréhensions ont interrompue, a dépassé la demi-heure.

Voyons l'oie. Je n'en ai point. Le jardinier mon voisin me confie la sienne. On me l'amène, qui se dandine et remplit ma demeure des raucités de son clairon. Peu après, silence. Le vigoureux palmipède gît à terre, la tête engagée sous l'aile. Comme le dindon et la pintade, c'est une masse inerte.

A d'autres maintenant. C'est le tour de la poule, c'est le tour du canard. Ils succombent, eux aussi ; mais, ce me semble, avec moins de persistance. Est-ce que mes manœuvres d'endormeur agiraient moins sur les petits que sur les grands ? Si j'en crois le pigeon, cela pourrait bien être. Il ne cède à mon art que pour une paire de minutes de sommeil. Un oisillon, un verdier, est plus rebelle encore. Je n'obtiens de lui qu'une somnolence de quelques secondes.

Il paraîtrait donc qu'à mesure que l'activité s'affine dans un corps de moindre volume mais d'organisation similaire, la torpeur a moins de prise. L'insecte nous l'avait déjà fait entrevoir. Le Scarite géant ne remue d'une heure, lorsque le Scarite lisse, un nain, résiste à mon insistance ; le gros Bupreste ténébrion obéit à mes manœuvres pour une longue période, lorsque le Bupreste éclatant, encore un nain, obstinément s'y refuse.

Laissons à l'écart, comme trop peu étudiée, l'influence de la masse corporelle. Retenons simplement ceci : par une tactique très simple, il est possible de mettre l'oiseau dans un état de mort apparente, qui rappelle, on ne peut mieux, l'immobilité des insectes, surtout de ceux excellemment doués en ce genre d'aptitude. Mon oie, mon dindon, ma pintade et les autres, rusent-ils dans l'espoir de duper leur tourmenteur ? Certainement nul ne songe à faire le mort. Ils ne simulent rien ; ils sont en réalité plongés dans une torpeur profonde qui momentanément abolit la volonté. Bref, ils sont hypnotisés.

Depuis longtemps ces faits sont connus, les premiers peut-être en date dans la science de l'hypnose ou du som-

meil artificiel. Comment nous, petits écoliers de Rodez, avions-nous appris le secret du sommeil du dindon ? Ce n'était pas, à coup sûr, dans les livres. Venu on ne sait d'où, indestructible comme tout ce qui est entré dans les jeux de l'enfant, cela se transmettait d'un initié à l'autre depuis temps immémorial. Aujourd'hui les choses se passent de même dans mon village, où sont nombreux les jeunes adeptes versés dans l'art d'endormir la poulaille. La science a parfois des origines bien humbles. Rien ne dit qu'une gaminerie de petits désœuvrés ne soit le point de départ de nos connaissances sur l'hypnose.

Je viens de pratiquer sur des insectes des manœuvres en apparence aussi puériles que celles d'autrefois sur les dindons, lorsque la fermière, à notre poursuite, faisait claquer le fouet. Gardons-nous de sourire : derrière ces naïvetés se dressent de graves questions.

Un point de haute valeur est d'abord établi : l'insecte, immobilisé par mes artifices, ne fait pas le mort comme le dit le langage populaire et comme le répètent certaines théories. Il ne reste pas inerte par supercherie. Il est réellement hypnotisé.

Un choc qui l'ébranle, une frayeur soudaine qui le saisit, le mettent dans une somnolence pareille à celle de l'oiseau balancé un moment avec la tête sous l'aile. Une brusque terreur nous immobilise nous-mêmes, parfois nous tue. Pourquoi l'organisme de l'insecte, d'extrême délicatesse, ne fléchirait-il pas lui aussi sous les étreintes de la peur et temporairement ne succomberait ? Si l'émoi est léger, l'insecte se contracte un instant, se remet vite de sa surprise et détale ; s'il est profond, survient l'hypnose avec sa longue immobilité.

Parmi nous, très inégalement aptes au sommeil provoqué, l'hypnotiseur est obligé de choisir ses sujets. Il réussit avec l'un ; avec l'autre, non. De même, l'endormeur d'insectes doit choisir son patient, car les diverses espèces seraient loin de lui valoir des succès d'égale autorité.

Mes sujets d'élite ont été le Scarite géant et le Bupreste ténébrion ; mais combien d'autres ont résisté, absolument indomptables, ou n'ont fait qu'une brève station dans la torpeur de l'hypnose !

Le pour et le contre de mes expériences pesés, je n'hésite plus, et au simulacre de la mort par supercherie, je substitue l'hypnose par la frayeur. L'insecte, comme tout animal d'ailleurs, ne sait rien de la mort ; ne la connaissant pas, il ne peut la contrefaire.

S'il ne sait rien d'une fin inéluctable, il ne sait rien non plus du suicide, moyen désespéré de couper court à de trop grandes misères. Aucun exemple véridique n'a jamais été donné, que je sache, d'un animal quelconque se délivrant lui-même de la vie. Que les mieux doués en qualités affectives se laissent quelquefois dépérir de chagrin, accordé; mais de là à se couper soi-même la gorge, à s'ouvrir le ventre, il y a loin.

Un seul cas me vient en mémoire : celui du suicide du Scorpion, affirmé par les uns, nié par les autres. Voyons à notre tour. Si le Scorpion, nature fruste entre toutes, est capable de telle prouesse, mon devoir sera d'effacer ce que je viens d'écrire. Le suicidé affirmera, dans les rangs inférieurs de l'animalité, la connaissance de la mort, souveraine libératrice.

Les circonstances ne pouvaient mieux me servir. J'élève en ce moment, en de larges terrines, avec lit de sable, abris de tessons et dôme de toile métallique, une affreuse ménagerie qui ne répond guère à ce que j'en attendais pour l'étude des mœurs. J'en tirerai parti d'une autre manière. C'est le gros Scorpion blanc du Midi, le *Buthus occitanus*, au nombre d'une paire de douzaines. L'odieuse bête abonde, toujours isolée, sous les pierres plates des collines voisines, aux abris sablonneux les mieux ensoleillés. Elle a réputation détestable.

Sur les effets de sa piqûre, je n'ai personnellement rien à dire, ayant évité jusqu'ici, avec un peu de prudence, le

danger auquel peuvent m'exposer des relations trop suivies avec mes redoutables pensionnaires. Ne sachant rien par moi-même, je fais parler les gens qui grattent insoucieux la montagne, les bûcherons surtout. L'un d'eux me raconte ceci :

— La soupe mangée, je sommeillais un moment à terre, parmi mes fagots, quand une douleur vive me réveilla. C'était comme la piqûre d'une aiguille rougie au feu. Sous mon pantalon, un Scorpion s'était glissé et m'avait piqué au bas du mollet. La sale bête avait bien la longueur du doigt. Les sueurs froides me venaient, la jambe enflait à vue d'œil. Elle devint grosse comme ça....

Et joignant la mimique à la parole, notre homme étale à distance les deux mains autour de la jambe, de manière à figurer l'ampleur d'un barillet.

— Oui, Monsieur, grosse comme ça. J'eus grand'peine à rentrer chez moi, bien que la distance fût petite. L'enflure montait, montait. Le lendemain, elle avait gagné jusque là...

Un second geste m'indique la hauteur de l'aisselle.

— Oui, Monsieur, pendant trois jours, trois jours mortels, je fus incapable de me tenir debout. Je patientai de mon mieux, la jambe étendue sur une chaise. Des compresses d'alcali mirent fin à la chose. Et voilà...

Un autre bûcheron, ajoute-t-il, fut également piqué au bas de la jambe. Il fagotait assez loin et n'eut pas la force de regagner sa maison. Il s'affala au bord du chemin. Des passants le portèrent à califourchon sur les épaules. *A la cabro morto, Moussu ; à la cabro morto.*

Faisons bonne part aux exagérations du rustique narrateur, plus versé dans la mimique que dans la valeur exacte des mots ; il n'est pas moins certain, après ces deux exemples, que la piqûre du Scorpion blanc est, pour l'homme, accident très sérieux.

Le Scorpion lui-même, piqué par son pareil, rapidement succombe. Ici j'ai mieux que des témoignages étrangers ;

j'ai mes propres observations. J'extrais de ma ménagerie deux sujets choisis parmi les plus vigoureux, et je les mets en présence au fond d'un bocal sur une couche de sable.

Excités du bout d'une paille, qui les ramène l'un devant l'autre à mesure qu'ils reculent, les deux harcelés se décident au duel. Ils s'attribuent mutuellement, sans doute, les ennuis dont je suis moi-même la cause. Les pinces, armes défensives, se déploient en barricade et s'ouvrent pour tenir l'adversaire à distance ; les queues, en de brusques détentes, se projettent en avant par dessus le dos ; les ampoules à venin s'entrechoquent ; une fine gouttelette, limpide comme de l'eau, perle à la pointe du dard.

L'assaut est bref. L'un des scorpions est atteint au flanc par l'arme empoisonnée. C'est fini. Le blessé en quelques minutes succombe. Le vainqueur fort tranquillement se met à lui ronger l'extrémité du céphalothorax, ou, en termes moins rébarbatifs, le point où nous cherchons une tête et ne trouvons que l'entrée d'un ventre. Les bouchées sont petites, mais de longue durée. Quatre ou cinq jours, presque sans repos, le cannibale grignote le confrère occis. Manger le vaincu, voilà de la bonne guerre. Les nôtres, de peuple à peuple, tant qu'on ne fera pas boucaner les viandes des champs de bataille comme provisions, je ne les comprends pas.

Nous voilà renseignés de façon authentique : la piqûre du Scorpion est promptement fatale au Scorpion lui-même. Arrivons au suicide, tel qu'on nous le raconte. Entouré d'un cercle de braise, le Scorpion, à ce qu'on dit, se poignarde de son dard et trouve dans une mort volontaire la fin de son supplice. Ce serait bien beau de la part de la brute, si c'était vrai. Nous allons voir.

Au centre d'une enceinte de charbons allumés, je dépose le plus beau sujet de ma ménagerie. Le soufflet active l'incandescence. Aux premières morsures de la

chaleur, l'animal tourne à reculons dans le cercle de feu. Par mégarde, il se butte à la barrière ardente. C'est alors un recul désordonné qui, de ci, de là, renouvelle le cuisant contact. A chaque tentative de fuite, la brûlure reprend plus vive. L'animal est affolé. Il avance et se rôtit ; il recule et se rôtit encore. Désespéré, furieux, il brandit son arme, la recourbe, la détend, la couche, la relève avec telle précipitation et tel désordre qu'il m'est impossible d'en suivre exactement l'escrime.

Le moment serait venu de s'affranchir de la torture par un coup de poignard. Voici qu'en effet, d'un spasme brusque, le torturé s'immobilise, étendu à plat, tout de son long. Le Scorpion est-il mort? On le dirait en vérité. Peut-être s'est-il lardé d'un coup d'aiguillon qui m'a échappé dans le tumulte des derniers efforts. Si réellement il s'est poignardé ; s'il a eu recours à la délivrance du suicide, il est mort, à n'en pas douter. Nous venons de voir avec quelle promptitude il succombe à l'action de son propre venin.

Dans mon incertitude, je cueille, du bout des pinces, l'apparent trépassé, et je le dépose sur un lit de sable frais. Une heure plus tard, le prétendu mort ressuscite, vigoureux comme avant l'épreuve. Je recommence avec un second, un troisième sujet. Même résultat. Après des affolements de désespéré, même soudaine inertie de l'animal, qui s'étale à plat comme foudroyé ; même retour à la vie sur la fraîcheur du sable.

Il est à croire que les inventeurs du Scorpion se suicidant ont été dupes de cette brusque défaillance, de ce spasme où la haute température de l'enceinte plonge la bête exaspérée. Trop vite convaincus, ils ont laissé là le patient se rôtir. Moins crédules et retirant assez tôt l'animal de son cercle de feu, ils auraient vu le Scorpion reprendre vie et affirmer ainsi sa profonde ignorance du suicide.

En dehors de l'homme, nul des vivants ne connaît

l'ultime ressource d'une fin volontaire. Se sentir en puissance de se dérober à nos misères est noble prérogative, excellente à méditer comme signe de notre élévation au-dessus de la plèbe animale ; mais lâcheté, après tout, quand du possible on passe à l'acte.

Qui en arrive là devrait au moins se répéter ce que disait, il y a vingt-cinq siècles, Confucius, le grand philosophe des faces jaunes. Surprenant dans les bois un inconnu qui fixait à une branche d'arbre une corde pour se pendre, le sage chinois lui tint en abrégé ce discours :

« Si grands que soient vos malheurs, le plus grand serait de succomber au désespoir. Tous les autres peuvent se réparer, celui-ci est irréparable. Ne croyez pas que tout soit perdu pour vous, et tâchez de vous convaincre d'une vérité rendue incontestable par l'expérience des siècles. Cette vérité, la voici : tant qu'un homme jouit de la vie, rien n'est à désespérer pour lui. Il peut passer de la plus grande peine à la plus grande joie, du plus grand malheur à la plus haute félicité. Reprenez courage, et comme si vous commenciez dès aujourd'hui à connaître le prix de la vie, efforcez-vous d'en mettre à profit tous les instants. »

Cette philosophie terre à terre, à la chinoise, ne manque pas de mérite. Elle rappelle cette autre du fabuliste :

> Qu'on me rende impotent,
> Cul-de-jatte, goutteux, manchot, pourvu qu'en somme
> Je vive, c'est assez ; je suis plus que content.

Eh ! oui, le fabuliste et le philosophe Kong-fou-tsé ont raison : la vie est sérieuse, très sérieuse chose, qu'on ne rejette pas sur le premier buisson venu ainsi qu'une guenille encombrante. Nous devons la considérer non comme un plaisir, non comme une peine, mais comme un devoir dont il faut s'acquitter de son mieux tant que congé ne nous est pas donné. Devancer ce congé est lâcheté, sottise.

Le pouvoir de disparaître à son gré par la trappe de la

mort, ne nous autorise pas à déserter, mais il nous ouvre certaines perspectives complètement étrangères à l'animal. Nous avons par avance la conviction de notre fin ; nous savons comment se terminent les fêtes de la vie. Nous avons le culte des morts et nous interrogeons anxieux la fosse du dernier sommeil. De ces grandes choses, nul autre ne soupçonne rien.

Quand une science de mauvais aloi lourdement les profane ; quand elle nous affirme qu'un misérable insecte a pour supercherie le secret de la mort, exigeons d'elle d'y regarder de plus près et de ne pas confondre l'hypnose par la frayeur avec le simulacre d'un état inconnu de la bête. A nous seuls la vision nette d'une fin, à nous seuls le superbe instinct de l'au-delà. Ici intervient, pour sa modeste part, la faible voix de l'entomologie disant : « Ayez confiance ; jamais instinct n'a fait faillite à ses promesses ».

Sérignan (Vaucluse), 4 avril 1898.

J. H. Fabre.

L'ANALYSE

DES

RADIATIONS LUMINEUSES [1]

III

DIFFRACTION. — SPECTRES NORMAUX

« Si la lumière consistait dans un mouvement transmis par un milieu fluide, elle s'insinuerait certainement dans l'ombre des corps opaques; car un mouvement ne se propage pas, dans un fluide, en ligne droite; au delà de l'obstacle qui l'arrête partiellement, il s'étale et envahit par les côtés la région qu'il ne peut atteindre directement. C'est ainsi que les ondes formées sur une nappe d'eau tranquille, glissent le long des corps solides qu'elles rencontrent et, après les avoir dépassés, s'infléchissent, se dilatent et se diffusent peu à peu à la surface de l'eau qu'abritent ces obstacles. Il en est de même des ondulations, des pulsations ou des vibrations de l'air qui transmettent le son : elles s'infléchissent évidemment aussi, bien qu'à un degré moindre, puisque l'interposition d'une montagne qui nous cache une cloche ou une pièce d'artillerie, ne nous empêche pas d'entendre le son de la cloche ou le

(1) Voir la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, deuxième série, t. XIII avril 1898), pp. 524-541.

bruit de la détonation. La lumière, au contraire, marche droit devant elle ; elle ne connaît pas ces détours et *jamais elle n'envahit les ombres portées par les corps opaques*. Il est vrai que les rayons lumineux qui frôlent les bords d'un écran en subissent l'influence et sont légèrement déviés ; mais ce n'est pas vers l'ombre, c'est en sens contraire qu'ils se courbent ; encore cette déviation ne s'observe-t-elle qu'au voisinage immédiat des bords de l'écran ; au delà les rayons échappent à son action et reprennent leur marche rectiligne (1). »

Cette objection est une des plus spécieuses que Newton ait opposées à l'hypothèse des ondulations ; et c'est sur le terrain qu'elle circonscrit que s'engagea la lutte entre les *ondes* et les *rayons* lumineux. Pour la mener à bonne fin, il fallut attendre que Young eût perfectionné l'optique d'Huygens, et que Fresnel eût mis en œuvre, avec une sagacité et une habileté merveilleuses, les principes posés par ses prédécesseurs, mais dont ils n'avaient pas épuisé la fécondité. Dès lors la victoire des ondes fut complète ; l'argument de Newton se retournait contre son auteur et devenait l'une des bases les plus solides de l'optique nouvelle.

C'est autour de cet épisode que nous grouperons les *notions sur la diffraction* qui doivent nous préparer à comprendre le phénomène des réseaux et la nature des *spectres normaux*. Elles se présenteront d'elles-mêmes au cours de l'analyse de l'objection de Newton et de la réponse de Fresnel, et dans un cadre historique qui atténuera peut-être leur aridité.

C'est un fait d'expérience qu'un ébranlement provoqué dans un milieu élastique pondérable capable de le transmettre de proche en proche, n'est pas arrêté par un obstacle

(1) Newton, *Optice*, Lib. III, Quæst. XXVIII, pages 201 et 202 de l'édition de Lausanne, MDCCXL.

rigide et limité à la manière d'une pluie de projectiles lancés en ligne droite. Les ondes qui propagent cet ébranlement tournent l'obstacle avec plus ou moins de succès, et pénètrent dans la partie abritée du milieu en des régions que ne peuvent atteindre les projectiles.

Le son nous en offre un premier exemple, mais d'une réalisation très difficile. Nous pouvons, sans doute, assister de notre jardin à un concert qui se donne sur la place publique, devant la maison qui nous en sépare et nous protégerait parfaitement contre une fusillade partie du kiosque où sont groupés les musiciens. Mais une maison n'est pas une barrière absolument infranchissable au son ; en outre, de même que les balles pourraient nous atteindre par ricochet, les ondes sonores nous sont renvoyées par les échos d'alentour, et il est malaisé de faire la part de celles qui nous arrivent en contournant directement l'obstacle. Toutefois, dans des circonstances plus favorables, l'observation attentive et répétée en différents points de l'espace abrité, permet parfois de découvrir, dans la hauteur et l'intensité des sons perçus, des changements liés aux déplacements de l'observateur et qu'il est difficile d'attribuer à la transparence de l'obstacle ou à l'intervention des échos. On entendra mieux dans certaines régions et moins bien dans d'autres ; et, toutes choses égales d'ailleurs, les sons graves du trombone et du bombardon envahiront plus profondément l'aire protégée que les sons aigus de la petite flûte.

Mais ce sont les ondes liquides qui se prêtent le mieux à ce genre d'observation. Il est possible de s'y livrer, assis sur les bords d'un étang, en suivant du regard les rides que soulève la brise, ou celles que provoquent les oscillations d'une branche immergée. On voit leurs bourrelets se succéder, courir de concert en s'élargissant, butter contre un pieu qui émerge, une pierre en saillie, une planche qui flotte à la surface, et tendre manifestement à les contourner. Les rides serrées, rencontrant un obstacle dont les dimensions sont très considérables relati-

vement à leur écartement, y réussissent plus difficilement et se montrent moins envahissantes que les ondes plus espacées dont la longueur et celle de l'écran sont moins disproportionnées.

Tout cela se voit beaucoup mieux si, à l'observation des faits tels que le hasard les présente, on substitue l'expérience qui les provoque dans des conditions déterminées et que l'on peut varier à son gré.

On y emploiera l'eau ou le mercure. Si c'est à l'eau que l'on s'adresse, on la versera dans un bassin peu profond, mais long et assez large, dont le fond, formé d'une glace transparente, permettra de l'éclairer vivement par le bas. Si l'on se sert du mercure, on éclairera la surface en y faisant tomber un large faisceau de rayons qu'un miroir, convenablement incliné, reçoit d'une lentille collimatrice au foyer principal de laquelle on aura placé la source lumineuse. L'emploi d'un second miroir incliné et d'une seconde lentille permettra de projeter, sur un écran vertical, les ondes formées à la surface du bain. Pour produire ces ondes on se servira d'un trembleur électrique ou d'un diapason, armés d'une ou de deux petites tiges, suivant les expériences que l'on a en vue, et qui affleurent à la surface du mercure quand elles sont au repos. Enfin, on fixera verticalement, dans la cuvette, des écrans de dimensions variées, pleins ou percés d'ouverture, et on observera ce qui se passe au delà de ces obstacles. Il est aisé de matérialiser ainsi plusieurs phénomènes d'interférence et de diffraction, et de rendre sensible non seulement le fait de la pénétration des ondes dans l'espace abrité, mais aussi l'influence, que nous avons déjà signalée, des grandeurs relatives des longueurs d'onde et des dimensions des obstacles. Ces expériences deviennent très brillantes quand on recourt à l'éclairage stroboscopique, en interrompant périodiquement le faisceau des rayons éclairants à l'aide d'un disque tournant percé de trous équidistants.

Les faits donnent donc raison à Newton, quand il affirme qu'un mouvement transmis par un fluide s'infléchit et envahit latéralement la région abritée par un obstacle. Mais est-il vrai que « la lumière ne connaît pas ces détours et que jamais elle n'envahit les ombres portées par les corps opaques » ?

A première vue, il semble bien qu'il en soit ainsi.

Plaçons dans un milieu homogène, l'atmosphère d'une chambre obscure, une source de lumière S de très petites dimensions que nous appellerons, par abstraction, un point lumineux. Nous constaterons que si l'on place un écran opaque qui interrompt, en un point quelconque, la ligne droite SO joignant la source S à notre œil O, celui-ci cesse de voir le point lumineux ; que si, au contraire, on écarte lentement l'écran jusqu'à découvrir cette ligne droite, aussitôt notre œil voit la source S, et ni plus ni moins nettement que si l'écran n'existait pas.

C'est ce fait d'expérience vulgaire que l'on érige en principe quand on admet que, *dans un milieu homogène, la lumière se meut en ligne droite*, quel que soit d'ailleurs le mode physique de sa propagation ; et c'est ce principe qui est le point de départ et la base de l'optique des *rayons lumineux*.

Cette optique géométrique donne du phénomène des ombres une interprétation que justifie l'observation des ombres portées par les corps opaques de dimensions relativement considérables, éclairés par le soleil ou par les sources lumineuses artificielles que nous employons habituellement. Elle rend compte de la formation des images dans la chambre obscure. Elle s'adapte convenablement à l'énoncé, à l'interprétation et aux applications des lois de la réflexion, connues des anciens, et de celles de la réfraction énoncées par Descartes. Enfin Newton, sans s'en départir, sut rendre compte des effets de la dispersion.

Si les phénomènes lumineux connus de Newton fussent

tous rentrés dans ces limites, on concevrait qu'il ait pu voir dans cet ensemble de faits une confirmation suffisante du principe fondamental de l'optique des rayons lumineux, et qu'il se soit cru autorisé à opposer à l'optique des ondes la marche rectiligne de la lumière. Mais il en connaissait d'autres qui troublent profondément l'ordonnance de l'édifice qu'il avait si habilement élevé, et qui se manifestent précisément dans le cas le plus simple des ombres portées par les corps opaques, celui où la source éclairante est réduite à de très faibles dimensions.

Lorsqu'on fait entrer dans la chambre obscure, par une *très petite ouverture*, les rayons solaires réfléchis par le porte-lumière, on constate que les ombres physiques des corps sont plus larges que les ombres géométriques que prévoit l'optique des rayons lumineux, et qu'au lieu d'être terminées d'une manière tranchée, comme cela devrait être si la lumière marchait sans détours, elles se fondent sur leurs contours et se bordent de franges colorées bien distinctes et de largeurs inégales. Bien plus, quand le corps opaque interposé est très étroit, on aperçoit des franges lumineuses à l'intérieur même de l'ombre géométrique; celle-ci paraît alors sillonnée de bandes obscures et de bandes plus claires se succédant à des intervalles réguliers.

C'est au P. Grimaldi, S. J., que l'on doit les premières observations de ce genre (1); il en annonce l'exposé par cette proposition : *Lumen propagatur seu diffunditur non solum directe, refracte ac reflexe, sed alio quodam quarto modo* DIFFRACTE, d'où le mot de *diffraction* qui est resté dans la science pour désigner *les modifications qu'éprouve la lumière en passant auprès des extrémités des corps opaques*.

Or, Newton connaissait les observations de Grimaldi ; il ne se borne pas à les signaler, il prend soin de les

(1) Voir son livre *Physico-Mathesis de lumine* que nous avons déjà cité.

refaire en variant les circonstances ; et c'est au troisième livre de son Optique, qu'il consacre tout entier à ces expériences, que nous avons emprunté le texte de l'objection que nous analysons. Il reconnaît avoir observé la dilatation de l'ombre physique et les *franges extérieures*, dont il cherche l'origine dans l'action de forces répulsives appliquées aux molécules du fluide lumineux, sensibles seulement dans le voisinage immédiat de l'écran d'où elles émanent, et qui rejettent ces molécules *hors de l'ombre*, en courbant un instant leurs trajectoires rectilignes. Mais il affirme que « cette inflexion ne se fait jamais vers l'ombre ».

On conçoit difficilement comment les *franges intérieures* aient pu échapper à un observateur aussi habile, opérant dans des conditions très favorables à leur formation. Newton, en effet, se sert, dans ses expériences sur la diffraction, d'une source lumineuse intense et de très faibles dimensions ; et il emploie comme écrans les corps les plus étroits, voire même des cheveux (1). « On serait tenté de croire, dit Fresnel, que des préventions théoriques ont pu contribuer, jusqu'à un certain point, à lui fermer les yeux sur ces phénomènes importants qui affaiblissaient beaucoup l'objection principale sur laquelle il fondait la supériorité de son système. »

(1) « In lamella plumbea, dit-il, foramen exiguum acicula feci, cujus latitudo esset $\frac{1}{42}$ unciæ : nam 21 quidem ejusmodi acicularum in ordinem compositæ, semiunciam explebant latitudine. Per id foramen immisi, in cubiculum meum tenebricosum, solis luminis radium ; comperique umbras capillorum, filorum, acicularum, stramenti, aliorumque id genus parvorum corporum, in illo luminis radio positorum, multo esse latiores quam deberent utique esse, si radii luminis prope corporum istorum extrema in lineis rectis transirent ; et nominatim capillum humanum cujus latitudo esset duntaxat $\frac{1}{280}$ unciæ, in illo lumine collocatum, intervallo circiter duodecim pedum a foramine, umbram projecisse quæ intervallo quatuor unciarum a capillo, haberet in latitudinem $\frac{1}{60}$ partem unciæ,... intervallo autem duorum pedum a capillo, haberet in latitudinem circiter $\frac{1}{28}$ unciæ ; .... et intervallo decem pedum, haberet in latitudinem $\frac{1}{8}$ unciæ », etc... *Optice*, lib. III, observ. 3.

Ils l'affaiblissent manifestement, mais sans la supprimer nécessairement. Ils montrent, en effet, que cette objection repose sur une hypothèse inexacte qu'on s'est trop hâté d'accepter sur la foi d'expériences grossières, puisque de fait *la lumière pénètre dans les ombres des corps opaques et contourne les obstacles*. Mais le fait-elle en vertu même de sa nature, à la manière des ondes liquides et des ondes sonores? Ces franges de diffraction ne sont-elles pas peut-être le résultat de purs accidents nés des circonstances et dus à des causes étrangères au mode physique de propagation de la lumière? Et si elles en sont les conséquences nécessaires, comment la théorie des ondes explique-t-elle la rareté du phénomène, les conditions si spéciales dans lesquelles il faut se placer pour le produire, le détail infini des particularités qu'il présente? Pourquoi ces alternances régulières de lumière et d'ombre? Pourquoi ces colorations s'étalant dans des proportions et suivant un ordre déterminés? Autant de questions délicates qu'il fallait résoudre si l'on voulait, non seulement écarter définitivement l'objection de Newton, mais la retourner contre son auteur et ses partisans; car ils ne manquèrent pas de faire appel, pour étayer l'optique des rayons lumineux, à des conjectures et à des hypothèses subsidiaires, qui devaient, dans leur pensée, la rendre capable de porter sans fléchir le poids de ces nouveaux phénomènes. Ce fut en vain; ces échafaudages branlants ne résistèrent pas au choc de l'expérience.

Il est inutile de donner ici le détail de ces essais d'interprétation, parfois ingénieux mais toujours très artificiels; ils n'ont plus aujourd'hui qu'un intérêt historique. Rappelons seulement que la plupart avaient pour caractère commun de ne faire jouer aucun rôle essentiel au mode de propagation de la lumière, et d'attribuer aux actions physiques des milieux qui entourent immédiatement les écrans, ou de ces écrans eux-mêmes, l'expansion latérale de la lumière et sa pénétration dans l'ombre géométrique. Il

suffisait donc, pour en prouver l'insuffisance, de montrer expérimentalement que le nombre, la position, la forme, la distribution, la coloration des franges ne varient pas quand le choix des milieux ambiants, et celui de la nature, des dimensions et des propriétés physiques des corps interposés modifient le jeu des causes invoquées, les suppriment même ou les rendent inaptes à remplir la fonction nécessaire qu'on leur attribue.

Mais il fallait aller plus loin. Après avoir démoli, il convenait de rebâtir, et d'opposer à l'impuissance de l'optique des rayons lumineux la fécondité de la théorie ondulatoire en tirant de ses principes mêmes une interprétation des phénomènes de diffraction à la fois simple et complète, supportant victorieusement le contrôle de l'observation la plus minutieuse et la touche des mesures les plus rigoureuses, et les embrassant tous sous toutes leurs formes et dans tous leurs détails. Ce fut l'œuvre de Fresnel et son premier pas dans le domaine de l'optique physique dont il allait renouveler la face.

Ce n'est point sur cette perspective que s'ouvrait la carrière de Fresnel. Entré, en 1806, dans le corps des Ponts et Chaussées, c'est aux travaux pratiques de sa profession qu'il semblait devoir appliquer toutes les ressources de sa belle intelligence. Heureusement pour la science pure, ils n'étouffèrent point le goût des études physico-mathématiques qu'il avait puisé à l'École Polytechnique.

L'optique surtout l'attirait. Persuadé que dans l'étude de la nature les grands progrès naissent rarement des grandes circonstances, il s'attacha à l'examen attentif de phénomènes lumineux futiles en apparence, mais qu'il pressentait de conséquence capitale, en construisant lui-même, avec l'aide du serrurier de son village, les appareils qui devaient l'y aider. C'est de l'ombre d'une aiguille, d'un cheveu, observée avec soin, mesurée avec précision, disséquée dans ses moindres détails, que partit l'impulsion qu'il sut donner à la science de la lumière.

Au moment où il entrait ainsi, sans autre préparation que ses expériences personnelles et ses propres méditations, dans le domaine de l'optique, trois points fondamentaux étaient acquis à l'hypothèse ondulatoire : La notion de la *périodicité* des vibrations lumineuses ; le *principe des interférences* qui en découle ; et un mode de raisonnement, connu sous le nom de *principe d'Huygens*, dont la justification restait difficile et l'application restreinte (1).

L'idée d'ondulations et de vibrations *périodiques* ne semble s'être formée que par degrés. Elle se fût vraisemblablement présentée, sous une forme très nette, à l'esprit de Newton s'il eût été moins prévenu contre la théorie des ondes ; car l'étude si complète qu'il fit du phénomène de la dispersion et la démonstration qu'il sut en tirer de l'hétérogénéité de l'agent lumineux, l'eussent naturellement conduit à distinguer divers modes d'ondulations caractéristiques des diverses couleurs ; et le phénomène des anneaux colorés, qu'il étudia avec tant de soin et qui lui révéla si manifestement le retour périodique de quelque affection des rayons, n'eût pas manqué de l'amener à considérer les ondes lumineuses comme se succédant à des intervalles réguliers. Sous l'empire des conceptions théoriques qu'il avait prises pour guides, il chercha ailleurs les éléments d'une explication artificielle et confuse de ses observations.

Si cette notion de la périodicité des vibrations lumineuses s'est présentée à Huygens, il jugea sans doute superflu de l'accueillir, car on la cherche en vain dans son *Traité de la lumière*. Le fondateur de la théorie ondulatoire n'a jamais égard, dans ses raisonnements, qu'à l'onde solitaire produite par une impulsion unique des molécules

(1) Si l'on ajoute, à l'énoncé de ces trois points fondamentaux, que les vibrations lumineuses sont *transversales*, hypothèse introduite plus tard par Fresnel pour expliquer les phénomènes de *polarisation*, mais à laquelle nous n'aurons pas à recourir ici, on aura tous les traits essentiels de l'optique des ondes, telle qu'elle sortit des mains de cet illustre physicien et où ont pu trouver place tous les phénomènes lumineux connus jusqu'ici.

du centre lumineux; il affirme même que « les percussions au centre de l'onde *n'ont pas de suites réglées* ». Aussi, ajoute-t-il, « ne faut-il pas s'imaginer que les ondes mesmes s'entre-suivent par des distances égales; et si ces distances paroissent telles dans cette figure — celle qui accompagne le texte — c'est plutost pour marquer le progrez d'une mesme onde en des temps égaux, que pour en représenter plusieurs provenues du même centre. » Quand il conçoit une onde précédée et suivie d'autres ondes semblables, se propageant avec la même vitesse et douées des mêmes propriétés, il se garde donc de supposer, entre leurs mouvements, aucune relation générale ; l'idée de combiner leurs effets pour en considérer la résultante, ne se présente même pas à son esprit, et en particulier la notion de l'interférence constante de deux ondulations qui apporteraient sans cesse à un même point du milieu des mouvements opposés, qui s'entredétruisent, lui fait complètement défaut. Sans doute l'optique des ondes qu'il a développée, où les vibrations lumineuses se font sans lien qui les rattache entre elles, fait jouer un certain rôle au mode physique de propagation de la lumière dans l'interprétation des phénomènes ; et c'est par là qu'elle se montre plus compréhensive que l'optique des rayons lumineux ; mais ce rôle est conçu et restreint dans des limites étroites qui suffisent à l'édification d'une théorie de la propagation rectiligne de la lumière, de la réflexion, de la réfraction simple et de la double réfraction dans les cristaux, mais qui ne sauraient comprendre les phénomènes d'interférence et de diffraction.

C'est à Euler que l'on attribue généralement le mérite d'avoir dit le premier, d'une manière expresse, que les ondulations lumineuses sont *périodiques*, comme les ondulations sonores; et c'est l'opinion que nous avons reproduite dans notre précédent article. On a bien voulu nous faire remarquer que Malebranche, avant la naissance d'Euler, avait exprimé des idées analogues dans plusieurs

de ses écrits. Le lecteur désireux d'éclaircir ce point d'histoire, lira avec intérêt une étude documentée, intitulée *l'Œuvre scientifique de Malebranche* et publiée par M. G. Lechalas dans la REVUE PHILOSOPHIQUE, août 1884. On pourrait d'ailleurs citer d'autres penseurs qui, avec Malebranche, ont comparé les ondulations lumineuses aux vibrations sonores; le P. Pardies S. J., entre autres, dont les idées se trouvent développées dans l'*Optique* du P. Ango (Paris, 1682). Mais chez la plupart de ces auteurs, la notion de *périodicité* n'apparaît qu'à travers le rapprochement qu'ils font de la lumière et du son: ils ne l'en dégagent pas nettement, ou, s'ils y insistent, comme le P. Pardies qui compare les vibrations lumineuses *aux oscillations du pendule*, il ne semble pas qu'ils en aient entrevu l'importance. Ce qui n'est pas douteux, c'est que Young le premier tira de la périodicité des vibrations lumineuses le *principe des interférences*, retrouvé quelques années plus tard et indépendamment par Fresnel.

Toutes les vibrations ou ondulations qui résultent du libre jeu des forces élastiques, dès lors qu'elles se succèdent en séries d'allure rigoureusement périodique, sont décomposables, d'une infinité de manières, en groupes de deux demi-vibrations, ou de deux demi-ondes, exactement contraires l'une à l'autre. Par suite, à deux époques séparées par la durée d'une demi-vibration, ou plus généralement d'un nombre impair de demi-vibrations, les vitesses des molécules vibrantes sont égales et opposées; et en deux points du milieu homogène où elles se propagent, situés à des distances de la source différant d'une demi-longueur d'onde, ou plus généralement d'un nombre impair de demi-longueurs d'onde, les mouvements apportés au même instant sont égaux et opposés. En sorte que si deux ondes *de même période*, parties *d'une même origine*, viennent, après avoir parcouru des chemins inégaux, se réunir en un même point *sous des directions sensiblement parallèles*, elles

devront s'exalter ou s'affaiblir mutuellement, suivant que la différence des chemins parcourus par ces ondes, depuis l'origine, sera d'un nombre pair ou d'un nombre impair de demi-longueurs d'onde; et *si cette différence n'est qu'une petite fraction de ces chemins eux-mêmes*, il y aura repos presque absolu au point où elles seront en discordance complète.

Tel est le raisonnement qui conduisit Young au principe des interférences. Il le justifia par une expérience célèbre que nous décrirons plus loin et dont découle toute une série de conséquences importantes, celles-ci entre autres : *La période T des vibrations lumineuses diminue sans cesse lorsqu'on parcourt l'échelle des lumières chromatiques du rouge au violet; — la longueur d'onde d'une lumière monochromatique est une très petite fraction de millimètre.* Pour la lumière jaune du sodium, par exemple, on a $\lambda = 0^{mm},000\,589$. La petitesse de λ prouve que la période $T = \frac{\lambda}{v}$, v étant la vitesse de propagation de la lumière (1), est extrêmement petite. Ainsi, pour la lumière jaune du sodium, T, évalué en secondes, a pour valeur

$$T = \frac{1}{506\,000\,000\,000\,000}$$

Nous avons souligné, dans la conclusion de Young, certaines conditions dont il importe de comprendre la nécessité.

Théoriquement, deux systèmes d'ondes cheminant de concert dans un même milieu où elles se rencontrent, réagissent mutuellement. Mais il ne suffit pas que cette influence réciproque existe pour qu'elle produise nécessairement un phénomène *sensible à nos yeux*. Nos sens ont des exigences qui doivent être respectées. Ici c'est la rétine qui intervient avec sa propriété de conserver, pendant un temps appréciable — une fraction de seconde — les im-

(1) Voir notre article précédent, t. XIII (livraison d'avril 1898), p. 527.

pressions qu'elle reçoit. Si l'effet physique de la rencontre des deux systèmes d'ondes n'est pas *permanent;* s'il se modifie au contraire incessamment ou se répète sans cesse sous des formes variées, les impressions successives et disparates qu'il produira sur la rétine se mêleront dans la sensation, pour donner une *impression moyenne* où nous ne distinguerons rien de ces changements rapides qui existent cependant et obéissent à la théorie générale des interférences.

C'est précisément ce qui se produit dans le conflit de deux systèmes d'ondes provenant de *deux sources différentes* de même couleur. L'état de ces deux sources ne demeure pas invariable : chacune d'elles éprouve, en un temps très court, de l'ordre même des périodes des vibrations lumineuses, un nombre très grand de perturbations sans relation entre elles, et qui se traduisent par un *manque de permanence* dans l'effet résultant de la rencontre des ondes qui en émanent.

Un obstacle analogue s'oppose à l'interférence sensible de deux systèmes d'ondes parties d'une même origine mais *de périodes différentes*. Lorsque des lumières de couleurs et, par conséquent, de périodes différentes, se superposent en un même point, la théorie prévoit et l'expérience confirme que l'intensité résultante est la somme de leurs intensités respectives. Toutefois, si ces périodes différentes sont *très voisines*, on peut en tirer, dans des circonstances spéciales, des phénomènes sensibles d'un autre ordre, dont l'étude — comme nous le verrons plus tard — ouvre la voie à l'*analyse des radiations lumineuses à peu près homogènes;* c'est ainsi que les *battements*, en acoustique, nous permettent de découvrir, dans le son complexe d'une cloche, des vibrations sonores *voisines de l'unisson*. Mais au point de vue auquel nous nous plaçons pour le moment, on ne doit considérer que la composition de mouvements ondulatoires de *même période*, et on ne peut en attendre

des effets d'interférence sensibles que s'ils émanent d'*une même origine*.

Mais ces deux conditions ne suffisent pas. Pour que notre œil distingue sur un écran, exposé au conflit de deux systèmes d'ondes *de même période* et *issues d'une source commune*, des régions où l'intensité lumineuse diffère, en plus ou en moins, de celle des régions adjacentes, il ne suffit pas que cette différence existe d'une façon *permanente*, il faut encore qu'elle soit *suffisamment marquée* pour s'imposer à la sensation qui confond deux éclairements d'intensités physiquement différentes mais très voisines. Or cette différence d'intensité, comme la résultante de deux forces concourantes, est d'autant plus grande que les directions des mouvements apportés par les deux systèmes d'ondes en conflit sont plus près de se confondre ; elle ne se trahit que lorsque ces directions *sont sensiblement parallèles*.

Enfin, si l'on prétend réaliser l'*obscurité presque absolue* par la superposition de deux systèmes d'ondes *de même période*, issues d'*une même source* et se réunissant *sous des directions sensiblement parallèles*, il faut en outre que les intensités des deux vibrations, au point où elles sont en discordance complète, soient *à peu près égales* en valeur absolue. Or, ces intensités diminuent quand augmente la distance à l'origine commune, où les mouvements initiaux sont les mêmes. Il faut donc, pour qu'elles se retrouvent à peu près égales loin de la source, qu'elles aient diminué à peu près également, ce qui exige que la différence des chemins parcourus par les deux systèmes d'ondes se réduise *à une petite fraction de ces chemins eux-mêmes*.

On comprend maintenant la nécessité des conditions que nous avions soulignées et, du même coup, la rareté des effets sensibles d'interférence qui semblent, dès l'abord, devoir occuper une très large place dans la multitude infinie des phénomènes lumineux dont nous sommes constamment les témoins. C'est que le hasard est généralement impuissant

à réunir les conditions multiples qu'ils supposent; il y faut, le plus souvent, une intervention moins aveugle et une main plus habile pour tracer à des ondes de choix les chemins qu'elles doivent suivre. Nous pouvons, sans craindre l'obscurité, nous éclairer de deux bougies à la fois ; nous constaterons, au contraire, qu'en tout point de notre appartement l'éclairement résultant est alors plus grand que chacun des éclairements composants. Ce n'est point le principe des interférences qui est en défaut, c'est notre œil qui n'en saisit pas les conséquences physiques. Mais nous serions nous-mêmes en défaut, si nous généralisions le résultat de cette expérience vulgaire pour en faire la base de la notion définitive de l'intensité lumineuse, et en conclure que la lumière s'ajoute toujours à la manière des nombres que manie l'arithmétique. C'est ce que fait l'optique d'Huygens qui ignore — nous l'avons dit — la périodicité des vibrations lumineuses et, par suite, la nécessité d'y voir des quantités dirigées, s'ajoutant algébriquement et pouvant *interférer*. Mais dès que Young y eut comblé cette lacune, elle s'adapta merveilleusement à l'interprétation des phénomènes de diffraction auxquels nous allons nous attacher.

C'est, en effet, du rapprochement du principe des interférences et du mode de raisonnement que nous avons appelé tantôt le *principe d'Huygens*, que Fresnel fit sortir la théorie de la diffraction. Ce mode de raisonnement consiste à considérer chaque élément d'une onde comme un centre d'ébranlement particulier. Cherchons à en faire comprendre l'esprit avant d'en montrer la portée.

Lorsque le bourrelet liquide qui provient de la chute d'une pierre dans l'eau forme, à l'époque t, une circonférence S de rayon R, il est évident que l'influence directe de la pierre a cessé et que la formation ultérieure, à l'époque t', de l'onde S', de plus grand rayon R' sera la conséquence de l'état actuel du liquide. Partant de là, Huygens

cherche à préciser le lien physique de cette conséquence ; et il considère l'onde S' (fig. 1), formée à l'époque t', comme l'effet résultant des ondes élémentaires s que produirait le mouvement des différentes molécules M du liquide engagées dans l'onde générale S, et considérées comme autant de centres d'ébranlement.

A première vue, ce principe paraît bien vague pour être réellement pratique, et il semble plutôt introduire une

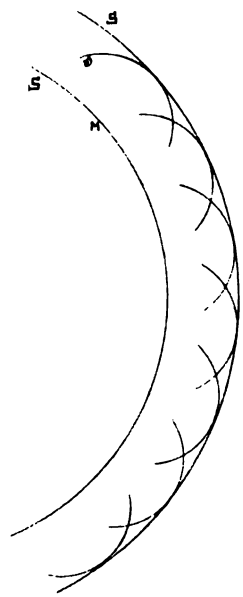


Fig. 1.

complication très inutile. Mais ces difficultés accompagnent souvent l'énoncé des principes les plus généraux et les plus féconds. Ils paraissent, dès l'abord, abstraits, ou plutôt presque vides de sens et sans application. N'est-ce pas l'impression que produit l'introduction en mécanique du principe des projections qui nous amène à substituer à l'étude du mouvement d'*un point*, celui des mouvements des *trois projections* de ce point sur les axes des coordonnées ? Mais qu'on applique ce mode de raisonnement à un

problème particulier, et on lui reconnaîtra bientôt toutes les qualités d'un outil merveilleusement adapté à la simplification et à la rapidité de la besogne.

Ainsi en est-il du principe d'Huygens; mais avant de l'accepter et de le mettre en œuvre, il convient de le justifier, en montrant que si l'on considère deux positions successives S et S', d'une même onde, la deuxième S' *est*, et *à elle seule*, la résultante de la combinaison de toutes les ondes élémentaires *s*, ayant pour centres les divers points M de la première S.

Huygens n'a pas de peine à établir que ces ondes élémentaires ont une sorte d'*enveloppe commune;* qu'elles contribuent toutes, par *la partie de leur surface la plus éloignée du centre*, à la composition de cette enveloppe; que celle-ci *est bien l'onde* S'; enfin qu'au delà *il ne peut y avoir de mouvement*. L'onde S' résulte donc de la combinaison des ondes élémentaires *s*; mais représente-t-elle, *à elle seule*, la résultante complète de cette combinaison? Pourquoi ces ondes élémentaires ne provoquent-elles pas aussi la formation d'une onde rétrograde, intérieure à l'onde S? Pourquoi sont-elles incapables de produire un mouvement appréciable à l'intérieur de l'enveloppe S', même à une très petite distance de cette onde? Ces difficultés n'ont pas échappé à Huygens; mais comme son attention ne se portait que sur la propagation d'une onde isolée, et surtout parce que la notion de périodicité lui était étrangère, il ne put les résoudre: il se contenta d'en appeler au sentiment de la vérité du principe lui-même et à la confirmation qu'en donne l'expérience. « Tout ceci, dit-il, ne doit pas être cherché avec trop de soin ni de subtilité, parce que l'on verra dans la suite que toutes les propriétés de la lumière et tout ce qui appartient à la réflexion et à la réfraction s'explique principalement par ce moyen. »

Une controverse célèbre, engagée par Poisson, sur les bases de la théorie des ondes, ramena l'attention sur ces

difficultés, et fournit à Fresnel l'occasion d'ouvrir la voie qui conduit à leur solution.

Abandonnant le point de vue purement abstrait auquel Huygens s'était placé en considérant la propagation d'une onde isolée, pour envisager, dans les phénomènes vibratoires sonores et lumineux, une série d'ondes de caractères différents se succédant *périodiquement* en chaque point, il montra comment le principe des interférences pouvait donner au mode de raisonnement d'Huygens sa véritable signification, et une fécondité que son auteur même ne pouvait soupçonner.

Ici notre rôle de vulgarisateur devient difficile. Pour exposer les évolutions des raisonnements déliés qui atteignent toutes les conséquences du conflit des ondes périodiques : la justification du principe d'Huygens, la propagation apparente de la lumière en ligne droite, dans les circonstances ordinaires, et tout le détail des phénomènes en apparence si compliqués de la diffraction, c'est la langue si souple et si riche de l'algèbre qu'il faudrait parler. Mais nous ne pouvons couvrir d'équations les pages de cette Revue ; et d'autre part, si nous essayons de traduire ces démonstrations mathématiques, nous ne les rendrons pas plus accessibles aux profanes, nous les rendrons seulement inintelligibles aux initiés. Autant vaudrait décrire, en langage ordinaire, tous les sons simultanés et successifs que peignent les notes musicales espacées sur la série des portées d'un morceau d'harmonie ; à coup sûr, le chef d'orchestre lui-même n'y comprendrait plus rien. Nous devrons donc, le plus souvent, passer le détail des démonstrations ; mais nous tâcherons de donner à l'exposé des principes sur lesquels elles reposent assez de développement pour rendre leurs conséquences intelligibles.

Supposons, comme le faisait Huygens, que toutes les molécules du milieu éthéré étant au repos, on ébranle celles qui sont contenues dans une sphère infiniment petite. Cet ébranlement se propage par ondes sphériques et, à

l'époque t, l'ensemble des molécules ébranlées forme une couche S très mince, comprise entre deux sphères concentriques de rayons très peu différents. Si nous traversions cette couche dans son épaisseur, en suivant un de ses rayons, nous rencontrerions une série de molécules dont les déplacements et les vitesses, à l'époque t, varient de l'une à l'autre; en particulier, la vitesse, nulle pour la première de ces molécules, à l'intérieur de l'onde S, et nulle aussi pour la dernière, atteint, pour une molécule intermédiaire, une valeur plus grande ou plus petite que pour toutes les autres. C'est de ces circonstances que dépend l'état ultérieur du milieu. Pourquoi, à l'époque postérieure t', toutes les molécules ébranlées seront-elles comprises dans la seule couche sphérique S', de constitution analogue à celle de l'onde S, que prévoit le principe d'Huygens ?

D'après ce principe, le mouvement, à l'époque t', d'un point P du milieu doit être considéré comme la *somme* ou la résultante des mouvements provoqués, en ce point et à cette époque, par chacun des éléments de l'onde S considérés comme centres d'ébranlement. Or, la valeur et le signe de chacun de ces mouvements afférents dépendent de la distance du point P au centre particulier d'où ce mouvement émane, et des valeurs et des signes du déplacement et de la vitesse, à l'époque t, de ce centre. Il suit de là que la somme qui doit nous donner le mouvement du point P, est une *somme algébrique*, dont les termes sont positifs ou négatifs; on conçoit donc que, en certains points du milieu, *elle puisse être nulle*. Eh bien, le calcul montre qu'elle est nulle, en effet, à l'époque t' *pour tous les points P qui ne font pas partie de l'onde enveloppe S'*. Cette onde *est* donc bien, et *à elle seule*, la résultante de toutes les ondes élémentaires ayant pour centres les éléments de l'onde antérieure S, et le principe d'Huygens se trouve ainsi justifié.

Nous pouvons donc recourir à ce mode de raisonnement qui trouvera, d'ailleurs, une justification indirecte dans la

vérification expérimentale des conséquences auxquelles il conduit, et dont nous devons signaler ici l'une des plus importantes : *Le mouvement transmis par une onde S, émanée d'un centre d'ébranlement A, à un point extérieur P, se réduit au mouvement qui lui est envoyé par une très petite portion de l'onde S, entourant le point B où la traverse la ligne droite AP* (fig. 2).

La démonstration de ce théorème repose sur les principes suivants dont l'application se conçoit sans peine.

Pour apprécier l'effet lumineux produit au point P par

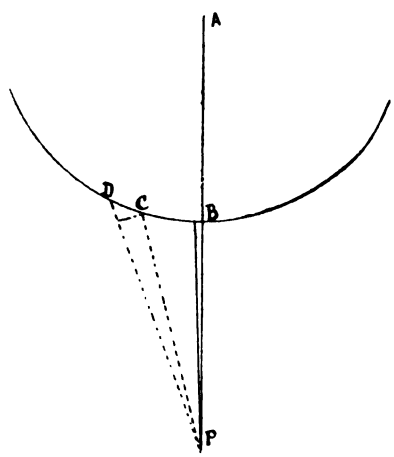


Fig. 2.

la source lumineuse A, nous pouvons, en vertu du principe d'Huygens, substituer à la source A, l'onde S, où elle a fait naître et où elle entretient le mouvement par ses vibrations périodiques. Or, parmi tous les points d'où émanent les ondes élémentaires qui ont pour centres les différents éléments de cette onde S, il en est un *plus proche de P que tous les autres*, c'est le point B; il en est d'autres, situés dans le voisinage immédiat de B, dont les distances au point P sont si peu différentes de la *distance minimum* BP qu'elles ne la dépassent pas d'une quantité de l'ordre d'une demi-longueur d'onde lumineuse. Mais dès qu'on sort de

cette zone, qui a le point B pour centre de figure, la différence des distances au point P de deux centres voisins C et D, par exemple, *croît et atteint bientôt une demi-longueur d'onde* de la lumière, supposée monochromatique, émise par la source A. Or le mouvement lumineux au point P est, à chaque instant, la *somme de tous les mouvements apportés en ce point par tous ces centres élémentaires d'ébranlement*. Les termes de cette somme correspondant au centre B et aux centres immédiatement voisins ont tous et à chaque instant le même signe, et ajoutent simplement leurs effets, puisqu'ils émanent de sources identiques, arrivent en P après avoir parcouru des chemins sensiblement égaux et s'y rencontrent sous des directions à peu près parallèles. Mais à côté d'un terme positif, par exemple, correspondant au mouvement reçu, à un instant donné d'un centre éloigné C, se trouvera un autre terme, sensiblement de même valeur absolue, mais négatif, correspondant au mouvement reçu au même instant d'un centre voisin D, plus éloigné de P que le centre C d'une demi-longueur d'onde et qui annulera le précédent. En poursuivant cette synthèse et en en calculant le résultat, on trouve que *la seule portion de l'onde S qui concourt effectivement à l'éclairement du point P, est celle qui comprend le point B et les points immédiatement voisins*. On donne aux ondes qui émanent de cette zone le nom d'*ondes efficaces*.

Ainsi se trouve justifiée la notion vulgaire d'une *propagation rectiligne de la lumière;* car si chaque point P extérieur à l'onde S, qui joue le rôle de la source A, ne reçoit de lumière que d'une zone très petite qui a pour centre le point B de l'onde S dont il *est le plus rapproché*, tout se passe dans les circonstances ordinaires, comme si la lumière se propageait suivant la ligne droite A P qui joint la source A au point éclairé P.

Si nous avons réussi à faire entrevoir les points essentiels de cette démonstration, on comprendra sans peine que la conclusion à laquelle elle aboutit repose, en der-

nière analyse, sur les propriétés générales des maxima et des minima, et qu'elle est indépendante de la forme sphérique que nous avons supposée à l'onde générale S. Dès lors, elle s'étend immédiatement à tous les ébranlements périodiques des milieux élastiques, quelle que soit la surface que les conditions d'une expérience particulière nous amènent à considérer comme onde primitive.

Mais si le mouvement lumineux au point P dépend uniquement des *ondes efficaces*, il n'est pas modifié quand on supprime, par un écran, toute l'onde S, sauf la zone d'où émanent ces ondes. Il est donc légitime de figurer, par des *rayons rectilignes*, la propagation de la lumière d'une source A à tout point du milieu pour lequel les ondes efficaces sont respectées ; mais cette substitution des rayons aux ondes cesse d'être légitime, dès qu'il s'agit d'un point du milieu dont les ondes efficaces sont interceptées, en totalité ou en partie, par des corps opaques. C'est dans ces circonstances que se manifestent les phénomènes de *diffraction*. La théorie des ondes ne s'accommode pas seulement de leur possibilité ; elle indique les conditions nécessaires à leur production et prévoit leurs moindres détails.

Lorsque les corps opaques soumis au rayonnement d'une source lumineuse suffisamment intense et de *très faibles dimensions*, sont limités par des bords rectilignes, indéfinis, parallèles entre eux et équidistants de la source, le calcul numérique de l'intensité lumineuse en un point du milieu situé au delà de ces corps opaques dépend seulement de deux sommes, ou *intégrales*, qui portent le nom de Fresnel, et qui totalisent les effets afférents des ondes efficaces en ce point. Ces deux sommes ne peuvent, en général, s'exprimer en termes finis ; mais Fresnel a réuni les données nécessaires à leur évaluation, par approximation, dans un certain nombre de cas particuliers. Plus tard, d'habiles géomètres ont étendu le champ des applica-

tions et ramené à une analyse simple des problèmes plus complexes que ceux qui fournirent à Fresnel les éléments et la confirmation de sa théorie, Or, dans tous les cas où le calcul est possible, aux prévisions de la théorie vient s'ajouter la sanction d'un accord minutieux entre les résultats calculés et les mesures des observations de contrôle, en dépit de l'apparence paradoxale que présentent parfois ces prévisions. Chargé d'examiner le mémoire célèbre où Fresnel présentait à l'Académie, sous leur forme définitive, ses travaux sur la diffraction, Poisson remarqua que les intégrales d'où l'auteur faisait dépendre l'intensité de la lumière diffractée pouvaient s'évaluer exactement pour *le centre de l'ombre géométrique d'un petit écran circulaire opaque*. Le calcul donnait à ce point la même intensité lumineuse que si l'écran n'existait pas. Fresnel fut invité à vérifier expérimentalement cette conséquence qu'il n'avait point remarquée : l'expérience la confirma.

Mais parmi tous ces phénomènes, le seul qui rentre immédiatement dans notre sujet et sur lequel nous devons insister est *la formation des spectres de diffraction par les réseaux*.

Grimaldi, dans l'ouvrage que nous avons cité plusieurs fois, énonce la proposition suivante : *Lumen non coloratum aliquando coloratur per solam reflexionem*. Et il le prouve par une expérience reproduite dans le *Cursus seu mundus mathematicus* (1674) du P. Deschasles. Elle consiste à recevoir la lumière solaire, pénétrant dans une chambre obscure, sur une surface métallique couverte de raies très fines ; les rayons réfléchis sur un écran blanc paraissent colorés. Grimaldi rapproche de ce fait les colorations de la lumière réfléchie par les plumes finement striées qui entourent le cou du pigeon.

Newton, dans son Optique, signale cette autre expérience plus facile encore à réaliser : Si l'on regarde le soleil à travers une plume, ou un morceau d'étoffe noire

dont la trame ne soit pas trop serrée, on aperçoit une multitude d'arcs colorés; ce sont, dit-il, les ombres, accompagnées de leurs franges de diffraction, que projettent sur la rétine les fibres de la plume et les fils de l'étoffe.

C'est de ces observations, simplement curieuses pour leurs auteurs, que sortit, plus tard, une méthode d'analyse des radiations lumineuses d'une rigueur merveilleuse. Elle fut créée le jour où le miroir rayé de Grimaldi et la trame du morceau d'étoffe de l'expérience de Newton, devinrent, entre les mains de Fraunhofer, des appareils de recherches et de mesures, bien mieux adaptés que les prismes à l'étude des spectres (1). C'est à ces appareils que Babinet donna plus tard le nom de *réseaux* (2).

Fraunhofer les construisit d'abord au moyen de deux vis égales, à pas très fin, écartées et fixées parallèlement l'une à l'autre, et entre lesquelles il tendait un très grand nombre de fois un fil métallique très ténu. Plus tard, il traça, sur une mince feuille d'or, collée sur une lame de verre, des raies équidistantes très nombreuses et très rapprochées qui devenaient autant de fentes transparentes jouant le rôle des intervalles laissés libres entre les fils du dispositif précédent. Enfin, il eut recours au diamant pour couvrir une lame de verre de traits opaques encadrant des espaces transparents très étroits. C'est de ce dernier procédé que l'on s'inspire surtout aujourd'hui ; seulement le corps rayé est généralement un miroir métallique, plan ou courbe, et les observations se font par réflexion (3). On a poussé si loin l'art de construire ces réseaux qu'on parvient à y tracer plus de 15 000 stries,

(1) GILBERT'S ANNALEN, t. LXXIV, 1823, p. 337.

(2) ANNALES DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE, seconde série, t. XL. — COMPTES RENDUS, t. IV, p. 758; t. LVI, p. 411.

(3) Nous ne nous occuperons que du réseau *plan et transparent* On appliquera ce que nous en dirons au réseau plan métallique, en considérant, comme source d'émanation des ondes, l'image virtuelle que donne ce miroir de la source réelle.

d'une régularité presque idéale, sur une longueur de 10 centimètres.

Lorsqu'on regarde, d'une distance convenable, le faisceau de lumière solaire que délimite une fente très étroite, à travers un réseau transparent dont les stries, au nombre d'une cinquantaine au moins par millimètre, sont disposées parallèlement à la fente lumineuse, on voit d'abord celle-ci, avec un éclat un peu affaibli, puis, à gauche et à droite, deux espaces obscurs suivis chacun d'un spectre commençant par le violet : ce sont les deux spectres de *premier ordre*.

Viennent ensuite, dans la même bande perpendiculaire à la direction commune des stries du réseau, d'autres spectres analogues mais plus pâles, de plus en plus étendus, empiétant bientôt les uns sur les autres et disposés deux à deux de part et d'autre du trait brillant central : ce sont les spectres des *deuxième, troisième, ... ordre*. Si la source est monochromatique, tous ces spectres sont remplacés par des franges brillantes.

Ceux de nos lecteurs qui ont sous la main un micromètre de microscope, formé d'une lamelle de verre sur laquelle un millimètre est divisé en cent parties égales par des traits gravés à sa surface, peuvent s'en servir comme de réseau et auront une vue, très pâle il est vrai, de ce phénomène.

L'hypothèse ondulatoire a permis d'édifier une théorie des réseaux qui rend compte de ces faits, et de tout le détail dont ils s'entourent, avec une parfaite rigueur. Schwerd l'a formulée le premier, en 1835, dans toute sa généralité en l'appuyant sur les travaux de Fresnel relatifs à la diffraction (1). Babinet fit voir que l'on pouvait en présenter les points essentiels sous une forme très simple relevant des mathématiques élémentaires. Cette explication synthétique est incomplète sans être insuffisante : les

(1) *Die Beugungserscheinungen*, Mannheim, 1835.

seules actions qu'elle fait intervenir sont bien celles qui jouent le rôle important et marquent les traits essentiels du phénomène. Elle a été perfectionnée et étendue par plusieurs physiciens, et il est possible, en s'inspirant de ces travaux, de donner une idée de la théorie des réseaux à ceux qui possèdent les premières notions d'algèbre et de trigonométrie. Restreint dans ces limites, ce problème n'est guère plus difficile et est certainement beaucoup plus intéressant qu'une foule d'autres que l'on étudie dans les cours élémentaires de physique. C'est une lacune qu'imposent les programmes et qu'on ne comble que pour ceux qui abordent la physique mathématique. Elle pourrait l'être pour beaucoup d'autres, et c'est ce qui nous engage à exposer ici les points principaux de cette théorie que développeront sans peine ceux que la question intéresserait.

Soit AS (fig. 3), la trace d'une lamelle carrée homogène et transparente, ayant, je le suppose, un centimètre de

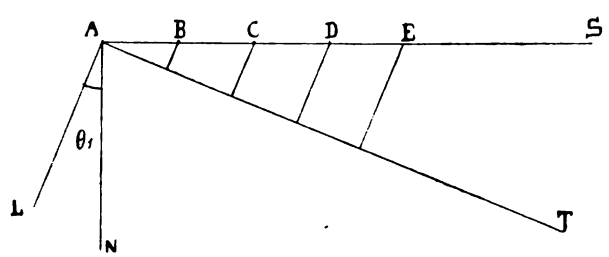


Fig. 3.

côté. Faisons tomber normalement sur cette lamelle un système d'ondes planes, émanées d'une fente lumineuse très étroite que nous appellerons la *fente objective*. On réalise ces conditions approximativement en plaçant la lamelle parallèlement à la fente objective, et à une distance suffisamment grande ; on les réalise parfaitement, en plaçant la fente objective dans le plan focal principal d'une lentille convergente achromatique et en recevant sur la

lamelle, orientée de la même manière, le faisceau émergent.

Supposons d'abord que la lumière soumise à l'expérience soit *monochromatique*, et représentons par λ sa longueur d'onde dans le milieu atmosphérique.

Les ondes tombent sur la lamelle AS, et la traversent sans subir de déviation. Recueillons-les sur une lentille convergente, et nous pourrons projeter l'image de la fente objective sur un écran blanc : elle se réduit à une ligne brillant de lumière λ, parallèle à la fente objective, le plan qui les contient toutes deux coupant normalement, et en son milieu, la lamelle AS. Pourquoi ne voit-on pas autre chose ? — D'après le principe d'Huygens, nous pouvons substituer au rayonnement de la fente objective, l'onde plane qu'elle entretient dans le plan AS. Pourquoi les ondes élémentaires, parties des différents points de cette onde générale, ne donnent-elles aucun éclairement dans la direction inclinée AL, par exemple, faisant avec la normale AN un angle θ_1 ? La raison en est bien simple ; nous l'avons donnée déjà en tirant du principe d'Huygens la notion vulgaire de la marche rectiligne de la lumière, dans les circonstances ordinaires qui sont bien celles où nous nous trouvons ici ; mais il convient de la reproduire avec plus de détails.

Partageons la lamelle en rectangles de bases égales, *très petites*, AB, BC, CD,... et telles que la longueur de la perpendiculaire menée du point B sur la droite AT, perpendiculaire elle-même à AL, soit égale à $\frac{\lambda}{2}$. Les distances des points C, D,... à la droite AT vaudront respectivement $2\frac{\lambda}{2}$, $3\frac{\lambda}{2}$,... Il suit de là que les mouvements envoyés, à l'époque t, en AT par les ondes élémentaires émanées de AB, sont en opposition complète avec ceux que AT reçoit, au même instant, des ondes élémentaires parties de BC ; et il en est de même pour deux intervalles voisins. Dès lors, si nous recueillons au foyer

d'une lentille convergente — le cristallin de l'œil, par exemple, qui les réunira sur la rétine, ou une lentille achromatique qui les concentrera sur un écran — tous ces mouvements propagés dans la direction AL, ils s'entrédétruiront et ne nous donneront aucune lumière. Non pas, remarquons-le bien, parce que aucun mouvement lumineux ne se propage dans cette direction, mais parce qu'il y a antagonisme entre les éléments de ces mouvements qui réunis se neutralisent. Si nous pouvions faire un choix parmi ces mouvements, les trier *au crible*, conserver ceux qui s'accordent et arrêter ceux qui les détruisent, nous aurions de la lumière λ dans la direction AL. — Est-ce possible ?

Le lecteur, j'en suis sûr, a déjà répondu : Rendons opaques les intervalles BC, DE, ... il ne nous restera plus que les intervalles AB, CD, ... à mouvements concordants pour la direction AL. — Le moyen paraît excellent ; mais avant d'arriver ainsi d'un bond *au réseau*, arrêtons-nous à quelques intermédiaires.

Voici une autre solution. Couvrons d'un écran opaque toute la lamelle, depuis S jusque B, au moins (fig. 4); et

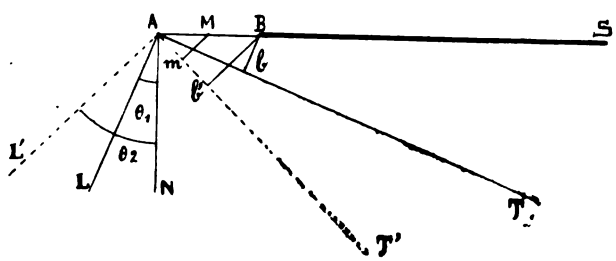


Fig. 4.

gardons simplement le petit rectangle AB, dont nous pourrons faire varier la largeur et que nous appellerons une *fente oculaire*. Les mouvements propagés dans la direction AL par les ondes élémentaires parties de AB ne seront plus annulés par ceux qu'envoyaient tantôt, dans la même direction, les éléments de BC ; et ils ne s'entre-

détruiront pas entre eux, si nous les recueillons sur la rétine ou sur l'écran, puisque les mouvements partis des points extrêmes A et B *seuls* sont en discordance complète. Dès lors, tous ces mouvements réunis au foyer d'une lentille donneront une seconde image de la fente objective, *à gauche* de la première, que continuent à donner les mouvements propagés normalement à la lamelle, mais beaucoup plus faible que celle-ci.

On voit, sans qu'il soit nécessaire d'y insister, que le même phénomène se produira *à droite* de l'image centrale; car les constructions faites autour du point A peuvent se refaire autour du point B. En outre, tout ce que nous avons dit en supposant $Bb = \frac{\lambda}{2}$, peut se redire pour toutes les directions θ où Bb serait égal à un *nombre entier impair quelconque* de fois $\frac{\lambda}{2}$: il suffit pour s'en convaincre de se rappeler ce que nous avons dit de la périodicité des ondes lumineuses et du principe des interférences qui s'en déduit.

Reprenons les mêmes considérations en supposant que la droite AL ait tourné, qu'elle soit venue en AL', et qu'au nouvel angle θ_2 corresponde une nouvelle valeur Bb', égale à λ, du retard Bb qui valait tantôt $\frac{\lambda}{2}$. Dans le cas de la lamelle *complètement découverte*, nous n'aurons pas plus de lumière effective dans cette direction θ_2 que dans la direction θ_1, et pour les mêmes raisons. Mais qu'arrive-t-il quand la partie transparente est réduite à la fente oculaire AB ?

Du point milieu M de AB, abaissons sur AT' la perpendiculaire Mm; elle aura pour longueur $\frac{\lambda}{2}$. Dès lors, les mouvements propagés dans la nouvelle direction θ_2 par les ondes élémentaires ayant leurs centres en AM seront en désaccord complet avec ceux qui émanent des centres situés en MB ; en se réunissant sur la rétine ou sur l'écran, l'ensemble de ces mouvements s'annulera donc, et nous n'aurons pas de lumière λ dans cette direction. Cette

conclusion s'étend à la direction symétrique, par rapport à AN, et à toutes les valeurs de θ pour lesquelles Bb' serait égal à *un nombre pair quelconque* de fois $\frac{\lambda}{2}$.

Il est aisé d'enfermer ces conclusions particulières dans une formule générale très simple qui nous permettra d'étudier de plus près cette succession d'ombre et de lumière.

Soit a la largeur AB de la fente oculaire, et représentons par $K\lambda$ la longueur de la perpendiculaire Bb correspondant à une direction θ. Le petit triangle rectangle ABb nous donne $K\lambda = a\sin\theta$.

Lorsque θ variera de 0° à 90°, le nombre K variera de 0 à $\frac{a}{\lambda}$ sa plus grande valeur possible; K représente donc *un nombre positif quelconque compris dans les valeurs extrêmes* 0 *et* $\frac{a}{\lambda}$. Si nous désignons par p le *quotient entier* de la division $\frac{a}{\lambda}$, la suite des *nombres entiers* 1, 2, 3,... p figure parmi les valeurs que prendra K pendant la variation de θ de 0° à 90°. Or, à chacune de ces *valeurs entières*, Bb ou $K\lambda$ contient *un nombre entier pair* de fois $\frac{\lambda}{2}$, puisque $K\lambda = 2\,K\frac{\lambda}{2}$; et par suite, dans toutes les directions θ correspondantes, les mouvements lumineux se détruisent. Le nombre des *traits obscurs* — nous verrons tantôt que le nom de *franges obscures* leur convient mieux — sera donc, théoriquement, égal à p, de part et d'autre du trait lumineux central. Remarquons que pour une lumière donnée, p diminuera quand a diminuera : *les traits obscurs s'espacent donc quand on rétrécit la fente oculaire.* D'autre part, p croîtra si, en respectant l'ouverture a de la fente, on se sert d'une lumière à longueur d'onde λ plus faible : *les traits obscurs se resserrent donc d'autant plus que la longueur d'onde de la lumière employée est plus petite.* Quand on observe le phénomène dans le voisinage de la normale, les valeurs de θ qui fixent les directions des traits obscurs, sont *directement proportionnelles à* λ *et inversément proportionnelles à* a, car dans ces

conditions on peut prendre pour mesure de θ le nombre qui mesure son sinus, et on a $\theta = \frac{K\lambda}{a}$. Enfin, si l'on applique la formule générale au q^{me} et au $q - 1^{me}$ traits obscurs, on montrera facilement que la différence $\theta_q - \theta_{q-1}$ des valeurs de θ correspondantes, croît avec θ : *les traits obscurs sont donc de plus en plus espacés, à mesure que l'on observe dans des directions de plus en plus inclinées.*

Mais θ variant de 0 à 90°, K ne prend pas seulement les *valeurs entières* 1, 2,... p; il prend aussi les *valeurs fractionnaires* $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$,... $\frac{2p-1}{2}$. Que se passe-t-il dans les directions θ correspondantes ? — Nous l'avons vu : ce sont celles où les mouvements propagés s'accordent et nous donnent des traits brillants, puisque pour chacune de ces valeurs de K, Bb vaut *un nombre impair* de fois $\frac{\lambda}{2}$. Il nous reste donc uniquement à examiner ce qui se passe dans les directions correspondant aux valeurs de K comprises entre 0 et $\frac{1}{2}$, entre $\frac{1}{2}$ et 1, etc.

Pour K = 0, les mouvements propagés *normalement* sont en parfait accord; le désaccord commence pour $K = \frac{1}{2}$ et s'accentue à mesure que K augmente, et avec lui θ; mais il n'arrive, pour la première fois, à être *complet* qu'au moment où K = 1. Dans les directions intermédiaires, il subsiste donc de la lumière λ, en sorte que l'image centrale est, non un trait, mais une bande, une *frange lumineuse* d'une largeur appréciable, s'étendant, de part et d'autre de la ligne médiane, sur un espace angulaire donné approximativement par la formule $\theta = \frac{\lambda}{a}$. Cette frange s'élargit, si l'on rétrécit la fente; et, toutes choses égales d'ailleurs, elle est d'autant plus large que la longueur d'onde de la lumière employée est plus grande. Cet épanouissement de plus en plus grand du faisceau lumineux qui traverse une fente de plus en plus étroite est la démonstration la plus simple de l'existence des phénomènes de diffraction.

Des considérations analogues s'appliquent aux intervalles suivants, K variant de 1 à $\frac{3}{2}$, de $\frac{3}{2}$ à 2, etc. En dernière analyse, le champ sera sillonné de bandes ou de *franges brillantes* et de *franges obscures ;* et la discussion dont nous venons d'indiquer la marche en donne la dispotion, la largeur, etc.

Pour vérifier expérimentalement, dans leurs traits généraux, ces indications de la théorie, il n'est pas nécessaire de disposer d'appareils bien compliqués. Découpez dans une carte de visite une fente d'un demi-millimètre de largeur, et fixez-la devant la flamme de votre lampe : ce sera la *fente objective*. Un coup de canif donné dans une feuille de papier ordinaire vous fournira la *fente oculaire ;* avec un peu d'adresse, en appuyant sur les lèvres de cette fente et en regardant obliquement vous arriverez à faire varier sa largeur utile. Placez un verre rouge, bleu, vert, devant la fente objective et observez, à travers la fente oculaire, d'une certaine distance. Vous verrez, avec plus ou moins de netteté, les phénomènes que nous venons de décrire et vous pourrez déduire de vos observations, entre autres choses, que la longueur d'onde de la lumière rouge est plus grande que celle de la lumière bleue. Si vous enleviez les verres de couleur pour regarder directement la fente objective, vous observeriez des irisations dont les considérations suivantes vous donneront l'explication.

La lumière blanche contient des radiations de longueurs d'onde variables depuis λ_v, pour le violet, jusqu'à λ_r pour le rouge. Reprenons donc la relation $K\lambda = a\sin\theta$ en supposant que λ *y varie entre ces valeurs extrêmes*. Pour fixer les idées, nous nous en tiendrons aux sept couleurs vulgaires du spectre solaire.

D'abord, au lieu d'une frange centrale de lumière monochromatique λ nous aurons, se projetant sur la même région de l'écran, sept franges de couleurs différentes, de largeur à peu près égale, formant par leur superposition

une frange de *lumière blanche* dont on peut négliger l'irisation marginale.

Si la frange oculaire est relativement large, en d'autres termes si a est grand relativement à λ, θ variera peu, pour une valeur donnée convenable de K quand λ passera de la valeur λ_v à la valeur λ_r dans la formule $K\lambda = a \sin \theta$: les franges brillantes suivantes présenteront donc un aspect analogue à celui de la frange centrale. Mais il n'en sera plus de même, si a est très petit. Dans ce cas, les variations de λ retentiront davantage sur celles de θ, et nous aurons, dans la région de chacune des franges brillantes de tantôt, une série d'images colorées des différentes teintes du spectre, se juxtaposant en empiétant d'autant moins les unes sur les autres que a sera plus petit, et formant en définitive *une série de spectres* plus ou moins purs et plus ou moins dilatés. Contrairement à ce que l'on observe dans les spectres prismatiques, c'est le violet — dont la longueur d'onde est la plus faible — qui sera ici le moins dévié. D'ailleurs ces spectres seront très pâles, car si peu de lumière passe par la fente oculaire pour les peindre ; et leur nombre sera physiquement limité : ils ne tarderont pas, en effet, à envahir les espaces obscurs qui les séparent et à se superposer. Il est facile de se rendre compte de ces diverses circonstances, en calculant les angles θ qui définissent les positions du violet et du rouge, par exemple, dans deux de ces spectres successifs.

Passons maintenant au cas de *deux espaces transparents*, ou de *deux fentes* oculaires (1). Il nous suffit de reculer l'écran que nous avons placé sur la lamelle AS de façon à découvrir les petits rectangles AB et CD, et de rendre opaque l'espace BC qui les sépare (fig. 5).

Nous avons vu que l'espace libre AB, considéré seul, envoie de la lumière λ, dans les directions θ données par

(1) C'est l'expérience de Young, à laquelle nous avons fait allusion plus haut en parlant du principe des interférences.

la relation générale $Bb = K\lambda = a\sin\theta$, pour toutes les valeurs de K ayant la forme $\frac{2q-1}{2}$, q étant un des nombres entiers 1, 2, 3,... p. Menons Cd' parallèle à AT. On a $Dd' = Bb$, et comme Cc ou $d'd$, double de Bb, vaut $(2q - 1)\lambda$ ou *un nombre entier de longueurs d'onde*, l'espace libre CD envoie, dans la même direction, de la lumière λ et les ondes élémentaires émanées de AB et de CD sont en accord complet suivant AT. Dès lors, si l'on disposait de deux lentilles assez petites pour recueillir séparément ces deux faisceaux diffractés, on en formerait deux lignes brillantes de lumière λ ; mais on peut les recevoir, sans craindre de les voir s'annuler, sur une même lentille et

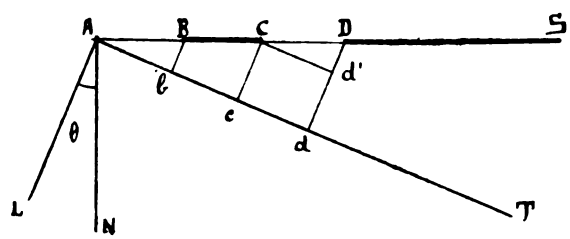


Fig. 5.

former de l'ensemble une ligne brillante, d'intensité double. Ces mouvements se détruisent, au contraire, dans toutes les directions correspondant aux valeurs de K ayant la forme $\frac{2q}{2}$. Ces indications suffisent, on en poursuivra facilement l'application.

De là à concevoir le jeu d'un *réseau* — au point de vue restreint où nous nous sommes placé — il n'y a plus qu'un pas très facile à franchir. Au lieu d'une ou de deux fentes, prenons-en n, de même largeur a et séparées par des intervalles opaques dont nous supposerons la largeur commune égale à b (fig. 6).

Pour que le premier espace libre, AB, envoie de la lumière λ dans la direction θ, il faut et il suffit que la

distance Bb ne soit pas égale à un nombre entier de fois λ ; d'autre part, cette première condition étant remplie, pour que les mouvements lumineux propagés dans cette même direction θ par tous les espaces libres suivants soient en accord avec ceux qu'envoie AB sur l'onde diffractée AT, il faut et il suffit que la distance Cc soit égale à un nombre entier m de fois λ ; dans ces conditions, en effet, E$e = 2m\lambda$, G$g = 3m\lambda$, ... ST $= nm\lambda$, en sorte que ces longueurs contiennent toutes un nombre entier de fois λ, et nous rentrons dans le cas examiné tantôt ; le nombre entier m n'est autre, d'ailleurs, que celui qui marque le

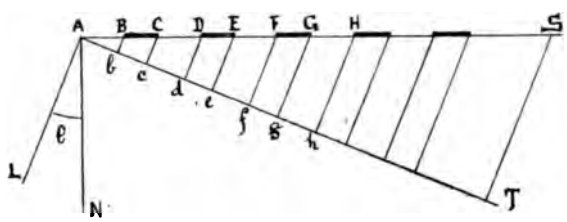


Fig. 6.

numéro d'ordre de la frange ou du spectre observé dans la direction considérée.

Or, *en général*, la première condition sera remplie quand la seconde le sera ; car si C$c = m\lambda$, on a B$b = \frac{ma}{a+b}\lambda$, nombre généralement fractionnaire. Il n'y aura d'exception que pour les valeurs de m qui sont des multiples de $a+b$.

En résumé donc, en recueillant la lumière diffractée sur une lentille convergente, nous obtiendrons des franges brillantes de lumière λ dans les directions θ pour lesquelles C$c = m\lambda$, mais les franges d'ordre $a+b$, $2(a+b)$, $3(a+b)$... manqueront. Ces franges brillantes seront remplacées par des spectres, si la lumière incidente est composée, et les spectres d'ordre $a+b$, $2(a+b)$ ... feront défaut. Ainsi, lorsque la largeur des espaces libres du réseau est égale à celle des espaces opaques, en d'autres termes lorsque $a = b = 1$, on a $a + b = 2$; et les spectres de *deuxième*, de *quatrième*,... *ordre* s'éteignent.

Ces notions seraient trop incomplètes, si nous ne cherchions à nous faire une idée de la *pureté* de ces spectres, ou du *pouvoir de résolution des réseaux*.

Nous venons de voir que nous aurons, en général, de la lumière λ dans les directions θ pour lesquelles $Cc = m\lambda$ ou, ce qui revient au même, pour lesquelles $ST = mn\lambda$, m étant le *nombre entier* qui marque l'ordre du spectre auquel appartient cette radiation, et n le nombre des traits du réseau. Nous aurons, de même, de la lumière λ' dans les directions voisines θ' pour lesquelles $ST' = mn\lambda'$. Au contraire, dans les directions pour lesquelles $ST = mn\lambda + \lambda$, les ondes élémentaires émanées des centres appartenant à toute la première moitié des intervalles libres seront en retard d'une demi-longueur d'onde sur les ondes élémentaires parties des derniers intervalles transparents, et nous aurons absence complète de lumière λ.

Or il est rationnel d'admettre que nous touchons au voisinage le plus intime de deux raies de lumière λ et de lumière λ' qui puisse encore nous permettre de les distinguer, dans un spectre d'ordre donné, *quand la raie λ' se forme dans la direction correspondant à l'extinction la plus proche de la raie λ*. Cela revient à admettre que, pour que nous puissions distinguer ces deux raies, il faut que $(mn+1)\lambda$ soit au plus égal à $mn\lambda'$, ou que la différence des longueurs d'onde $\lambda' - \lambda$ de ces raies soit au moins égale à $\frac{\lambda}{mn}$. Ainsi le spectre sera d'autant plus *pur*, ou le *pouvoir de résolution des réseaux* sera d'autant mieux utilisé, que le nombre n des stries sera plus grand et que l'on observera un spectre d'ordre plus élevé. Donnons un exemple.

Les longueurs d'onde des deux raies qui forment le doublet du sodium, mesurent 589, 6 et 589 millionièmes de millimètre. La différence de ces deux nombres est 0,6. Pour pouvoir séparer ces raies, il faut donc que le quotient $\frac{5890}{mn}$ ne soit pas supérieur à 6. Si le réseau que l'on emploie compte 500 stries ($n = 500$), les deux raies ne seront

pas séparées dans le spectre de premier ordre ($m = 1$); mais elles le seront à partir du second ($m = 2$).

Traitons enfin une dernière question qui se rattache à la précédente et la complète. Elle définit le mode caractéristique de *dispersion* que réalisent les réseaux.

Il est légitime d'en chercher l'expression dans le lien qui rattache la différence des deux directions θ' et θ suivant lesquelles nous observons deux radiations voisines dans un spectre d'ordre m, à la différence des longueurs d'onde de ces radiations. Or nous avons, pour les directions de lumière λ', $S'T' = mn\lambda' = n(a + b) \sin \theta'$, et pour celles de lumière λ, $ST = mn\lambda = n(a + b) \sin \theta$. En soustrayant ces égalités membre à membre, et en utilisant, pour simplifier le résultat, le fait que la différence $\theta' - \theta$, est très petite, on trouve $\theta' - \theta = \frac{m}{(a + b) \cos \theta} (\lambda' - \lambda)$.

Deux radiations voisines de longueurs d'onde données, sont donc vues dans des directions dont la différence croît quand l'ordre du spectre observé s'élève, et qui, dans un spectre d'ordre déterminé, est d'autant plus grande que $a + b$ est plus petit, ou que la gravure du réseau est plus serrée.

Ce n'est pas tout. Cette différence varie aussi avec θ, puisque $\cos \theta$ figure dans l'expression qui la mesure. Pour un spectre d'ordre donné, m et $a + b$ restant constants, la fraction $\frac{m}{(a + b) \cos \theta}$ sera d'autant plus grande que $\cos \theta$ sera plus petit, ou que l'angle de diffraction θ sera plus grand. Or θ croît pour chaque spectre du violet au rouge : *la dispersion sera donc, en toute rigueur, plus grande vers l'extrémité rouge du spectre que vers l'extrémité violette.*

Toutefois, sur l'étendue d'un spectre déterminé, θ, et par suite $\cos \theta$, varie peu ; la différence $\theta' - \theta$ restera donc sensiblement proportionnelle, d'un bout à l'autre du spectre, à la différence $\lambda' - \lambda$; en d'autres termes, *la distance*

angulaire de deux radiations voisines sera sensiblement proportionnelle à la différence de leurs longueurs d'onde. Nous touchons ici à la propriété caractéristique des spectres de diffraction ; cherchons à resserrer davantage encore ce lien de proportionnalité.

Nous avons supposé jusqu'ici que les ondes planes incidentes sont parallèles au plan du réseau. Lorsqu'on fait tourner celui-ci autour d'un axe parallèle aux stries, l'incidence devient *oblique*, et l'on voit les spectres se mouvoir et passer par un minimum de déviation. C'est exactement ce qui se passe quand on fait varier l'incidence des ondes lumineuses rencontrant un prisme. Nous ne suivrons pas les conséquences de cette propriété et les conclusions pratiques qu'on peut en déduire ; bornons-nous à rechercher quel changement l'incidence oblique introduit dans les valeurs des retards ST et ST'.

On constate que chacun de ces retards s'allonge ou se raccourcit de la quantité $n\,(a+b)\sin i$, i étant l'angle d'incidence des ondes, en sorte que *la différence de ces retards* et par suite l'expression $\theta' - \theta = \frac{m}{(a+b)\cos\theta}(\lambda' - \lambda)$, *ne change pas*. Or, le coefficient du second membre passe par *sa plus petite valeur* $\frac{m}{(a+b)}$ quand $\theta = o$; il reste donc très sensiblement constant pour des valeurs voisines positives ou négatives de θ.

Il suit de là que si, pour observer un spectre d'ordre m déterminé, nous amenons le réseau à être normal à la direction des ondes diffractées qui forment la radiation centrale de ce spectre, nous aurons pour cette radiation $\theta = o$, d'où $\cos\theta = 1$, et le coefficient $\frac{m}{(a+b)\cos\theta}$ deviendra et restera très sensiblement égal à $\frac{m}{(a+b)}$ pour toute l'étendue de ce spectre.

C'est aux spectres de diffraction, observés dans ces conditions et caractérisés par cette propriété que *la distance angulaire* $\theta' - \theta$ *des directions correspondant aux diffé-*

rentes lumières homogènes est proportionnelle à la différence $\lambda' - \lambda$ *de leurs longueurs d'onde*, que l'on donne plus particulièrement le nom de *spectres normaux*.

La dispersion relative dans chacun de ces spectres dépend uniquement de la distance $a + b$, ou du nombre des stries par centimètre tracées sur le réseau. Ils sont rigoureusement comparables entre eux, puisque le rapport des distances angulaires de deux régions de ces spectres occupées par deux radiations déterminées, reste constant.

C'est par là surtout qu'ils diffèrent des spectres prismatiques et qu'ils l'emportent sur ceux-ci. La dispersion relative de deux couleurs, le bleu et l'orangé, par exemple, peut être très différente dans les spectres fournis par des prismes de verres différents, et c'est ce qui rend difficile une comparaison. Rien de semblable n'est à craindre ici : la substance des réseaux ne joue aucun rôle, et les spectres qu'ils donnent sont tous des copies exactes, à une échelle plus ou moins grande et connue, d'un même type physique.

Nous voici donc à même de réaliser un appareil, le *spectromètre*, tout différent des spectroscopes à prismes, et doué de qualités extrêmement précieuses pour l'analyse des radiations lumineuses. Il se formera d'un *collimateur à fente* pour isoler et diriger convenablement les ondes lumineuses à analyser; d'un *réseau* de diffraction qui fera le triage de ces radiations et les conduira par des chemins différents, déterminés pour chacune d'elles par sa caractéristique physique propre, sa longueur d'onde; enfin d'une *lunette d'observation* dont l'objectif recevra les ondes diffractées et rangera la lumière dispersée qu'elles apportent en une série de spectres, dont l'observateur, placé à l'oculaire, verra les images agrandies (1). Une vis micromé-

(1) On sait qu'un miroir sphérique concave jouit des propriétés d'une lentille convergente. M. Rowland a eu l'idée très ingénieuse de tracer les réseaux sur des miroirs métalliques de ce genre. Les stries de la surface et sa courbure travaillent de concert pour donner directement, dans des con-

trique commandera les déplacements angulaires de la lunette le long d'un cercle gradué qui permettra de les mesurer. Ces spectres de diffraction pourront être plus ou moins étendus, selon leur ordre et d'après le rapprochement des stries du réseau qui les fournit; mais leur mode de dispersion sera toujours identique et aussi fixe que les longueurs d'onde elles-mêmes et il ne subira nullement l'atteinte de la matière dont est fait le réseau. C'est là, répétons-le, leur propriété essentielle et un avantage que ne présente aucun prisme.

Mais ils ne sont pas sans défaut, et il y a des limites aux ressources qu'ils nous mettent entre les mains.

D'abord les réseaux fournissent des spectres assez pâles chaque fois que la source lumineuse n'est pas très intense. Leur fine gravure affaiblit peu les ondes qui les traversent sans se colorer; et la quantité de lumière diffractée latéralement, qui est nécessairement petite, se disperse dans tant de directions et se répartit entre tant de spectres qu'elle ne peut donner, surtout aux plus étendus, que peu d'éclat. Pour l'augmenter il faut accroître les dimensions des réseaux dont la construction devient alors plus délicate. Toutefois les progrès réalisés dans cette voie sont considérables; on a pu tracer des réseaux contenant jusqu'à 160 000 traits réguliers sur une largeur de 13 à 14 centimètres.

D'autre part, l'extinction des spectres de certains ordres et la superposition des couleurs qui ne tarde pas à se produire ne permettent pas d'observer les termes élevés de la série : le pouvoir de dispersion et de résolution est donc pratiquement limité. On a pu, sans doute, séparer, en raies distinctes plus ou moins fines, des radiations qui avaient résisté jusque-là aux plus puissants spectroscopes. On a pu surtout fixer beaucoup plus correctement les posi-

ditions qu'indique la théorie, des spectres réels, très nets, sans que les rayons aient à traverser des lentilles où ils sont absorbés en partie. Le spectromètre se réduit alors à une seule surface réfléchissante.

tions relatives de ces raies et attacher des nombres qui les mesurent aux longueurs d'onde de la lumière, supposée homogène, qui les produit. Mais rien ne nous permet d'affirmer que ces raies, qui nous paraissent simples, le soient en effet, et que des appareils plus puissants ne parviendraient pas à y découvrir des radiations multiples, trop voisines pour que nos réseaux les séparent ou que nous les distinguions.

Et voici que se pose la dernière question qu'il nous reste à étudier : Comment s'y prendre pour analyser ces raies elles-mêmes ? — La réponse découlera des principes que nous avons exposés et nous fera apprécier mieux encore la féconde simplicité de la théorie des ondes.

(La fin prochainement.) J. THIRION, S. J.

L'HOMME ET LE SINGE

I

Si ceux qui ont longtemps vécu jettent un regard en arrière sur les jours si rapidement écoulés, ils restent véritablement éblouis des merveilleuses conquêtes de la science, des grandes choses accomplies ; ils rêvent aux prodiges que l'on est en droit d'attendre des générations qui arrivent à la vie, du siècle nouveau qui va bientôt s'ouvrir. Mais si légitime que soit notre éblouissement, il ne saurait faire oublier les limites imposées à l'homme par d'impénétrables décrets. Les savants les plus éminents qui ont pâli sur les phénomènes de la vie et de la matière, de la force et du mouvement, sont unanimes à reconnaître que dans toutes les sciences on arrive à un mur infranchissable, à un au-delà que l'œil de l'homme ne peut apercevoir, que la pensée de l'homme ne peut saisir.

L'éther s'étend à travers les espaces sidéraux; qui peut nous dire ce qu'est l'éther ? La gravitation universelle reste inexplicable. Nous constatons chaque jour les effets de l'étincelle électrique ; pas plus que pour l'éther, nous ne savons dire ce qu'est cette étincelle. Nous connaissons la matière par ses propriétés extérieures, nous ne pouvons aller plus loin. Quel est le mécanisme de la transformation de la matière brute en matière vivante, si même cette transformation existe ?

L'éternel, l'insondable mystère du développement de chaque espèce végétale ou animale, a-t-on dit avec raison,

domine toutes les questions. De l'ovule, de la cellule, où aucune différence d'organisation n'est visible ni appréciable pour nous, pourquoi sort-il des êtres complètement différents et toujours semblables à leurs progéniteurs? Et la vie elle-même que pouvons-nous en dire (1)? Nous la sentons en nous, nous la voyons autour de nous, sa nature intime reste toujours cachée (2).

Aux questions que chacun se pose dans le plus profond de son âme sur ce qu'il est, sur son origine, sur sa destinée, il n'est aucune réponse satisfaisante basée sur la science. La science est visiblement incompétente et son jugement ne pourrait qu'être récusé, si elle tentait d'en émettre un (3).

De notre ignorance sont nées les innombrables hypothèses qui apparaissent pour disparaître avec la rapidité qui les a vues naître, et « tous les jours nous expliquons des choses que nous n'entendons guère par des choses que nous n'entendons pas (4) ». Sans doute les hypothèses sont utiles, elles aident au progrès de la science, mais à la con-

(1) M. Gaudry me permettra de reproduire ici les magnifiques lignes qu'il consacre à ce sujet dans son dernier volume (*Paléontologie phil.* p. 206). « Je me rappelle que mon cher maître d'Embryogénie, M. Gerbe, me fit suivre jour par jour, des œufs qu'une poule couvait : il me montra qu'au moment où ils sont pondus, le jaune ne forme qu'un petit disque blanc appelé cicatricule; cette cicatricule grandit de manière à envelopper le jaune et devient un blastoderme. Un jour, on y distingue, au milieu d'un champ clair, un champ opaque et cerné par une veine dite coronaire; de cette veine il y a circulation vers un point central et, un autre jour, ce point central devient un cœur qui bat. Je ressentis une étrange impression, le jour où Gerbe me fit voir dans un œuf, sans mouvement la veille, un cœur qui battait. D'où vient ce mouvement? Ce n'est pas de la mère, puisque l'œuf est séparé d'elle par une coque dure et que la simple chaleur d'un four à éclosion produit le même effet qu'une poule couveuse. Encore une fois d'où vient cette force vitale? Bientôt la vie va se répandre; le poussin sortira de son œuf, il deviendra un oiseau charmant qui chantera, soignera ses petits et saura les défendre au péril de sa vie. »

(2) Hahn, *L'électricité et la vie*, REV. DES QUEST. SCIENT. avril 1896.

(3) Varigny, *Étude sur Huxley*, REV. SCIENT. 11 et 18 janvier 1896.

(4) Brunetière, *La moralité de l'idée évolutive*. Plus tard, M. Brunetière dira encore avec son rare talent : « L'inconnaissable nous entoure, il nous enveloppe, il nous étreint et nous ne pouvons tirer des lois de la physique ou des résultats de la physiologie aucun moyen d'en rien connaître ».

dition qu'elles ne s'appuient pas uniquement sur des opinions arrêtées et qu'elles aient un autre but que d'étayer des théories préconçues.

Tout en reconnaissant combien les hypothèses peuvent aider à la recherche de la vérité, il faut se garder d'en abuser, comme on est trop disposé à le faire de nos jours. La vraie science procède en établissant clairement les faits, en les rattachant les uns aux autres par des relations assurées. L'expérience, a dit Bacon, est la fille légitime de l'observation. Il ne s'agit pas seulement de savoir si tel fait est possible, mais avant tout si ce fait est réel. Il faut se défier des généralisations trop hâtives, plus encore des conclusions si souvent inspirées par l'orgueil humain.

Parmi toutes ces hypothèses, je n'en connais pas de plus nombreuses ni de plus vivement appuyées que celles qui ont trait à la descendance animale de l'homme. Il semble vraiment, à voir l'enthousiasme qu'elles excitent, qu'en montrant les grands anthropoïdes comme nos ancêtres directs, on ait obtenu un succès considérable, conquis un avantage important pour le progrès et l'avenir de notre race.

Sans doute, le système musculaire et le système nerveux des singes même les plus inférieurs sont analogues aux nôtres, à ceux de tous les vertébrés supérieurs. Sans doute, le même protoplasma se retrouve à l'origine de tous les êtres (1) ; sans doute les anthropoïdes mangent, boivent, digèrent, veillent, dorment, croissent, déclinent et se reproduisent comme nous.

Mais un illustre physiologiste anglais, sir William Turner, dans un remarquable discours (2) prononcé devant la Section qu'il présidait au Congrès de l'Associa-

(1) Le *protoplasma* a été découvert au commencement du siècle par le naturaliste allemand Oken. Il lui donna le nom d'*Urschleim*, gelée organique primitive. Le nom de protoplasma vient de πρωτος premier, πλασσειν former. Maisonneuve, *Les microorganismes*.

(2) *The distinctive Characters of human Structure.*

tion Britannique pour l'avancement des sciences, tenu au mois d'août dernier à Toronto (1), disait avec raison que depuis un quart de siècle on s'efforçait de faire ressortir toutes les ressemblances qui existent entre l'homme et les animaux d'un ordre inférieur, entre l'homme et les anthropoïdes spécialement, en négligeant toujours les différences et il montrait leur importance, avec sa profonde connaissance de tous les détails anatomiques : différence dans la structure du bassin et des membres qui permettent à l'homme seul parmi tous les êtres vivants, la station verticale dans la marche ; différence dans la courbe des vertèbres dorsales ; différence dans la construction du pied destiné à être la base solide du corps humain et non à servir à la fois à la marche et à la préhension ; différences plus importantes encore dans les membres supérieurs, dans la main surtout qui ne saurait être comparée à la patte de l'anthropoïde, même de l'ordre le plus élevé ; différences enfin dans les crânes où, quelle que soit la ressemblance que l'on peut relever, elles marquent profondément la distance qui sépare l'homme de tous les autres êtres (2).

Quelque nombreuses, quelque remarquables que soient ces différences pour l'anatomiste qui aborde ces questions avec l'unique souci de la vérité, ajoutait sir William, elles sont plus remarquables encore pour le physiologiste qui se préoccupe de leur rapport avec les diverses fonctions

(1) On peut consulter sur ce Congrès, dont le texte n'est pas encore publié au moment où j'écris ces lignes, un excellent résumé donné par M. Mac Gee dans l'AMERICAN ANTHROPOLOGIST (octobre 1897).

(2) On peut citer aussi une différence dans les organes génitaux. L'os penis que possèdent les singes ne se trouve pas chez les hommes.

On pourrait ajouter le système pileux si développé chez les singes. Mais ni Darwin, ni Broca n'attachent une grande importance à ce caractère qu'ils qualifient de secondaire. Ce dernier remarque que les races dont le système pileux est très développé appartiennent en général aux races les plus élevées, tandis que souvent les hommes des races inférieures ont le tronc et les membres presque glabres (BUL. SOC. ANTHR. 1869, p. 324). Ajoutons que les spermatozoïdes, les agents essentiels de la fécondation, diffèrent complètement chez les espèces (Sicard, *Zoologie*, p. 79, fig. 65). C'est là une différence qui paraît considérable et qu'on ne relève cependant que rarement.

vitales, avec le fonctionnement de l'organisme vivant et de leur extrême importance comme caractères essentiellement humains. Sir William Turner terminait son discours par des paroles qu'il faut traduire textuellement : « Nous savons tous, disait-il, que l'animal est guidé par ses seuls instincts qui ont pour but unique la satisfaction de ses besoins matériels. C'est ainsi qu'il remplit la place qui lui a été assignée dans la nature. Chez l'homme, au contraire, les instincts sont soumis au contrôle de la raison et de l'intelligence. Plus nous nous élevons dans l'échelle de l'humanité, plus ce contrôle grandit et se développe et plus les instincts, les émotions, les passions, les appétits se subordonnent à la conscience qui règle notre jugement et notre croyance... La station verticale, la facilité de se servir pour cette station des articulations de la hanche et du genou, la stabilité du pied, la variété des mouvements des membres supérieurs, de ceux de la tête surtout placée comme sur une colonne au sommet des vertèbres dorsales, le poids du cerveau, la perfection de ses circonvolutions sont des caractères essentiellement humains; ils appartiennent à l'homme seul. Ils sont sous la direction de la raison, du sentiment de la responsabilité, du contrôle toujours possible, ces facteurs qui permettent à cet homme d'accomplir les devoirs si divers et si importants pour lesquels il a été créé (1). »

Huxley (2) avait remarqué avant sir William, combien les différences structurales entre l'homme et les singes les plus élevés étaient considérables et significatives. Chaque os du gorille porte une empreinte par laquelle on peut le distinguer, dans la création actuelle, de l'os humain correspondant; aucun être intermédiaire ne comble l'abîme qui

(1) Agassiz avait déjà dit : « The foot by which we stand and walk erect, the hand which so liberated can apply its matchless powers to the biddings of a high intelligence are severally structures peculiar to and characteristic of the human race ». Cité BUL. SOC. ANTH. 1869.

(2) *La place de l'homme dans la nature*, trad. française, pp. 79-80.

sépare l'homme du troglodyte. Nier cet abîme, ajoutait-il, serait aussi blâmable qu'absurde. L'absence de formes intermédiaires n'est pas moins complète entre le gorille et l'orang, entre l'orang et le gibbon.

Sir William Turner donne avec raison la station verticale comme un des caractères les plus marquants du règne humain. Tous les hommes, quelle que soit la race à laquelle ils se rattachent, sont doués de cette faculté ; et cette posture n'est le résultat ni de l'éducation, ni de changements successifs, mais bien une des particularités constitutives de la charpente humaine. Seul dans ce vaste univers, l'homme marche droit (1) ; la marche verticale, ajoute Vogt (2), est un attribut essentiel de l'homme, attribut qui distingue les bimanes de tous les autres êtres. M. Gaudry (3) n'est pas moins explicite : « Le singe, dit-il, est fait pour grimper, non pour rester debout, comme on l'a dit depuis longtemps ; l'homme est le seul être qui dans sa marche ordinaire regarde devant et au-dessus de lui. »

Bien avant nos éminents contemporains, Ovide avait dit en beaux vers :

> Pronaque cum spectent animalia cœtera terram
> os homini sublime dedit cœlumque tueri
> jussit et erectos ad sidera tollere vultus (4).

Mais si la station verticale constitue pour la race humaine un caractère spécial qu'aucun mammifère ne peut atteindre, la constitution, le poids du cerveau témoignent de différences plus essentielles encore. Quelques chiffres les feront mieux ressortir, nous les emprunterons à un travail récent de M. Eugène Dubois (5). Chez 25 hommes

(1) Dans la marche quadrupède, le point d'appui est pris alternativement en avant au niveau des épaules, et en arrière au niveau du bassin. Dans la marche bipède, le point d'appui est toujours fourni par les membres abdominaux.

(2) *Leçons sur l'homme*, leçon VI.

(3) *Paléontologie philosophique*, p. 90.

(4) *Métam.*, lib. I.

(5) *Poids de l'encéphale chez les mammifères.* BUL. SOC. ANTH. 1897.

dont le poids moyen était de 66 200 gr., le poids de l'encéphale (1) était de 1431 gr. Une seconde pesée portant sur 33 autres individus donnait comme poids moyen du corps 54 800 gr. et pour l'encéphale 1224 gr. A côté de ces exemples humains, nous voyons l'encéphale du *Simia Satyrus* peser 400 gr.; celui de deux hylobates l'un 130, l'autre 94 ; celui d'un semnopithèque 70, celui d'un macaque 71 (2).

M. Chudzinski complète ces renseignements pour les grands anthropoïdes (3). Le poids moyen du cerveau chez les gorilles est de 425 gr., de 384 chez les chimpanzés, de 352 chez les orangs (4).

On voit la différence immense qui sépare les singes les plus élevés, les anthropoïdes, de l'homme. Nous avons donné des chiffres, il en est de plus significatifs encore. Le poids moyen du cerveau chez la race blanche est, dit Wagner, de 1410 pour les hommes, de 1262 pour les femmes (5); de 1424 chez les premiers, de 1272 chez les

(1) La grandeur du corps influe sur la grandeur du cerveau et, dans une moindre mesure, sur sa surface. Baillarger rapporte que, si le cerveau acquiert un volume huit fois plus considérable, la surface devient seulement quatre fois plus grande; de là les plissements ou circonvolutions. *Recherches sur la structure corticale des circonvolutions du cerveau.* « Le perfectionnement du cerveau porte sur deux facteurs, le volume de l'organe et ses circonvolutions. L'un et l'autre aboutissent au même résultat, l'accroissement de la surface des hémisphères afin qu'elle puisse supporter plus de substance grise corticale. Ils se suppléent, se complètent et sont habituellement en raison inverse. » Topinard, *La transformation du crâne animal en crâne humain.* ANTH. 1891, p. 649.

(2) Sir William Turner donne les mêmes renseignements pour la capacité crânienne. Cette capacité pour un Européen adulte est d'environ 1500 c. c. La moyenne de la capacité crânienne de 50 Écossais, race très intelligente et très cultivée, est de 1493 c. c. Le plus grand crâne atteignait 1770 c. c., le plus petit 1240, présentant ainsi une différence de 530 c. c. 23 Écossaises ont donné une moyenne de 1323 c. c., le maximum étant de 1625, le minimum 1100 grammes.

(3) REV. D'ANTH. Oct. 1881, p. 695.

(4) Le cerveau d'un orang mort en 1894 au museum, pesait 400 gr.

(5) A toutes les époques de la vie, le poids du cerveau de l'homme est supérieur à celui de la femme. Il est de 330 chez la fille au moment de sa naissance, de 340 chez le nouveau-né mâle. Turner remarque que cette différence tend à s'atténuer chez les races sauvages.

secondes, selon Huschke. Pour fonctionner normalement, nous apprend M. de Quatrefages (1), le cerveau d'une femme adulte doit peser au moins 975 gr., celui d'un homme 1133. Hunt cite cependant plusieurs races inférieures, telles que les Australiens ou les Boschismen, où ce poids était descendu à 907 gr. sans que leurs facultés parussent altérées. Gratiolet fixe même à 900 gr. le poids minimum du cerveau d'un homme sain. En acceptant même ce minimum exceptionnel, le cerveau dépassera encore du double celui de l'anthropoïde le plus élevé.

Il est certain que la perfection de l'organisation cérébrale est une des principales causes de la supériorité de l'homme sur l'anthropoïde. Cependant le rapport entre le poids du cerveau et l'intelligence est difficile à établir, et, pour ajouter à la difficulté, nous nous trouvons presque toujours en présence de cas isolés d'où l'on prétend déduire une règle générale. Nous venons de parler de cerveaux de races inférieures dont le poids était très faible, et voici que Bischoff cite trois cerveaux de Fuegiens, une des races les plus dégradées que l'on connaisse, pesés à Zurich par M. Meyer. L'un deux, celui d'un homme, pesait 1430 gr., les deux autres appartenant à des femmes 1340 et 1335 gr., poids supérieur à la moyenne du poids chez les Européens (2). Boyd, en effet, donne 1354 gr. comme poids moyen pour 425 Anglais de 20 à 60 ans ; Broca

(1) *L'espèce humaine*, ch. XXX. Il faut aussi consulter les pesées faites par Broca. REV. D'ANTH. 1885, p. 585.

(2) Il existe une nombreuse bibliographie sur la question, et il serait long de reproduire même les titres des livres qui la traitent. Nous en donnons quelques-uns qui reproduisent tous ses aspects. Hartmann, *Les singes anthropoïdes et leur organisation comparée à celle de l'homme*; — Richet, *Le Roi des animaux*; — Broca, *L'Ordre des Primates ou parallèle de l'homme et du singe*; — Owen, *Our Origin as a Species*; — Manouvrier, *Sur l'interprétation de la quantité de l'encéphale*; — Charlton Bastian, *Le cerveau, organe de la pensée chez l'homme et chez les animaux*, trad. Ad. Block; — *L'intelligence est-elle en rapport avec le volume du cerveau ?* REV. D'ANTH. 1885.

1359 pour 167 Français, Bischoff 1368 pour 460 Allemands (1).

Ces différences se montrent plus clairement encore, si nous prenons des exemples individuels. Si le cerveau de Tourgueneff, un des plus lourds que je connaisse, pesait 2012 gr., celui de Cuvier 1830 gr. (2), celui de Lord Byron 1795 gr., celui de Schiller 1785 gr., celui du duc de Morny 1520 gr., le cerveau de Gambetta, dont il n'est guère possible de contester les grandes capacités, ne pesait, nous apprend M. Mathias Duval, que 1160 gr. (3).

Prenons des exemples plus curieux peut-être encore. Voici deux misérables assassins, tous les deux d'une intelligence au-dessus de la moyenne. Le cerveau de Pranzini, qui avait tué une fille de la rue Montaigne, pesait seulement 1280 gr. Celui de Carey, l'assassin du sous-secrétaire d'État de l'Irlande au moment où il traversait Phenix Park à Dublin, gracié pour avoir dénoncé ses complices, puis assassiné à son tour par un d'eux, égalait comme poids, s'il ne le dépassait, le cerveau de Cuvier (4). Ces anomalies, dont on pourrait prolonger indéfiniment la liste, montrent le peu de confiance que l'on peut avoir dans les rapprochements tentés entre l'intelligence de l'homme et le poids de son cerveau (5).

(1) Topinard, ANTHROPOLOGIE 1892, p. 631.

(2) Cuvier avait eu dans son enfance une hydrocéphalie qui avait permis un plus grand développement du cerveau.

(3) M. Mathias Duval (BUL. SOC. ANTH. 3 juin 1886) a voulu prouver que le cerveau de Gambetta avait perdu une partie de son poids par le bain de chlorure de zinc où il avait été plongé, et que le poids réel devait être de 1246 gr. Cette même cause de déperdition de substance existe pour tous les cerveaux. La comparaison reste donc toujours exacte.

(4) BUL. SOC. ANTH. Oct. 1885. On porte le poids du cerveau de Carey à 1861 gr. Je cite ces faits, mais il convient d'ajouter qu'en général, le cerveau des grands criminels ne diffère pas de celui des autres hommes. REV. PHIL., mai 1881.

(5) Toute comparaison exacte des facultés intellectuelles chez deux hommes est oiseuse ; elles échappent à l'analyse ; on ne peut ni peser, ni jauger l'intelligence et Broca dit avec raison : « Il ne peut venir dans la pensée d'un homme éclairé de mesurer l'intelligence en mesurant l'encéphale. »

L'étude des circonvolutions cérébrales soulève les mêmes problèmes. On a prétendu aussi faire dépendre l'intelligence de leur nombre et de leur richesse. Les observations sur le règne animal ne confirment pas ces données. Les écureuils, les rats, les souris, les ouistitis ont le cerveau lisse et cependant leur instinct est remarquable. Le cerveau du castor présente à peine quelques sillons. Les circonvolutions sont bien plus marquées chez le bœuf ou chez le mouton, et Gallien (1) avait déjà montré le cerveau de l'âne sillonné de nombreux replis.

La qualité de la substance cérébrale serait un facteur plus important, dit M. Block. Cette qualité serait constituée par l'impressionnabilité ou l'excitabilité plus ou moins forte des cellules. Cette impressionnabilité peut être naturelle ou acquise; la première est la marque d'une intelligence supérieure; la seconde peut s'obtenir par un travail soutenu dont le génie même ne saurait se dispenser. Telle est la théorie de M. Block. C'est une simple hypothèse fort discutable. La cause matérielle des facultés humaines est un des faits dont je parlais au début de cette étude, il n'est pas donné à l'homme de le pénétrer (2).

Nous nous sommes étendu sur le cerveau qui constitue la différence essentielle entre l'homme et l'animal, différence qui doit assurément faire repousser toute pensée d'une origine commune. Telle n'est pas, on ne le sait que trop, l'opinion d'un grand nombre d'anthropologistes, l'opinion en général de l'école aujourd'hui dominante. L'homme, dit un savant distingué, le Dr Topinard (3), a les mêmes fonctions que l'animal avec quelques légères modifications ci et là, les mêmes besoins, les mêmes moyens de les satisfaire, les mêmes sentiments, les mêmes

(1) *De usu partium*, L. VIII, c. 13.

(2) « Natural selection, disait Wallace, could only have endowed the savage with a brain a little superior to that of an ape. »

(3) *Science and Faith*, MONIST. Chicago 1893. Ce travail remarquable n'a pas été, je crois, traduit en français; mais il se trouve en substance dans les nombreux écrits du Dr Topinard.

désirs, les mêmes impulsions, les mêmes actes réflexes avec ou sans l'intervention des sensations. Nous prouverons, continue M. Topinard, que les facultés psychiques qui sont en jeu entre la sensation et l'action isolées et rudimentaires chez tel animal, moins isolées et moins rudimentaires chez tel autre, atteignent un développement remarquable chez l'éléphant ou chez le singe et arrivent enfin au plus haut degré de complexité chez l'homme quand le volume du cerveau et les circonvolutions ont atteint leur maximum. La conclusion du Dr Topinard se devine. Il est certain, dit-il, que l'homme est descendu d'un primate; son cerveau, ses membres à l'exception peut-être du pied en sont la preuve (1). Mais à quelle époque cette transformation a-t-elle eu lieu? Quel est l'ancêtre direct de notre race? Nous l'ignorons et peut-être faut-il le chercher dans les familles des primates qui ont disparu.

Telle est, en résumé, la doctrine du Dr Topinard. On comprend la difficulté de notre tâche. Il faut réfuter une théorie qui nous représente comme issus d'ancêtres inconnus descendus eux-mêmes de pères plus inconnus encore et tout cela à des époques dont nous ne savons rien et dont nous ne pourrons jamais rien savoir. C'est véritablement abuser des hypothèses. Si encore notre savant ami voulait bien nous dire comment ces étranges transformations se sont opérées, par quels procédés certains primates sont devenus des hommes et pour quelles raisons d'autres sont restés des singes. Comment expliquer que l'on puisse arriver de l'être matériel à l'être pensant? de la force

(1) Nul ne réfute mieux le Dr Topinard que le Dr Topinard lui-même. « Par la tête et le crâne, dit-il (*L'homme dans la nature*, p. 298), les anthropoïdes se confondent avec les autres singes et ne sont pas même à l'état adulte aussi favorisés que certains d'entre eux. Rien n'indique de ce côté un acheminement quelconque à l'état bipède. Par la colonne vertébrale et le thorax, ils sont intermédiaires entre l'homme et le singe sans cesser d'être caractérisés comme singes; par le bassin, ce sont absolument des singes... Par la proportion générale des membres, ce sont peut-être les singes les mieux caractérisés. Par le pied, ce sont des singes au plus haut degré, ils n'ont rien de l'homme. »

mécanique à la puissance intelligente? du mouvement aveugle à l'ordre et au dessein réglé (1)? L'homme, a dit Darwin (2), est l'être unique qui peut se rappeler ses actions passées, apprécier leurs motifs, approuver les uns, désapprouver les autres. Comment a-t-il pu acquérir ces qualités maîtresses? Je sais que l'on possède aujourd'hui un mot magique qui répond à tout — l'évolution.

« L'évolution s'est avancée à travers les âges en souveraine que rien ne pouvait arrêter dans sa marche majestueuse; la concurrence vitale, la sélection naturelle, les influences du milieu l'ont sans doute aidée; mais son principe a résidé dans une région supérieure, trop haute pour que nous puissions, quant à présent, le bien saisir (3). »

C'est sur ce terrain qu'il faut nous placer; il faut chercher ce qu'est l'évolution, contrôler des assertions souvent hasardées, demander surtout quelle place elle assigne à l'homme dans cette nature dont toutes les forces lui sont soumises.

II

L'évolution est un fait indéniable; il n'est plus permis de la révoquer en doute, nous disent avec orgueil ses partisans. Il faut, ajoutera M. de Mortillet dans un langage peu aimable et assurément peu scientifique, toute l'étendue de nos préjugés pour la mettre en doute. Il est regrettable qu'un savant de la grande valeur de M. de Mortillet, parle avec tant de légèreté de questions qu'il n'a pas pris la peine d'étudier. Il me permettra de lui répondre que l'Église catholique est plus libérale que l'école dont il est un représentant distingué. S'il avait lu quelques-unes seulement des publications des écrivains catholiques, il aurait vu que jamais à aucune époque l'Église n'avait condamné l'hypo-

(1) Buffon cité par Nourrisson, CORRESPONDANT, 25 décembre 1882.
(2) *Descent of Man*, ch. IV.
(3) Gaudry, *Fossiles secondaires*, pp. 295, 296.

thèse de l'évolution poussée même jusqu'à ses dernières limites; que dans nos congrès elle avait été discutée en toute liberté; que des savants autorisés, Saint-Georges Mivart en Angleterre, le Père Clarke dans le TABLET, le Père Zahm en Amérique, l'abbé Guillemet, le Dr Maisonneuve, pour ne citer que ceux-là en France l'avaient soutenue avec force et talent, en s'appuyant, entre autres arguments, sur la haute autorité de deux Docteurs de l'Église, saint Augustin et saint Thomas d'Aquin (1), que M. de Mortillet ne s'attendait peut-être pas à trouver dans son camp. Le Père Zahm est aujourd'hui Procureur général de son ordre à Rome, l'abbé Guillemet est Professeur à Saint-Sulpice, le Dr Maisonneuve Professeur à l'Institut catholique d'Angers. Bien plus, le Saint-Père *proprio motu* a élevé à la dignité de Docteurs *honoris causâ*, et cela après la publication de leurs ouvrages, M. Saint-Georges Mivart, le Père Zahm, le Père Clarke, et le cardinal de Westminster a reçu l'ordre de remettre au premier en grande solennité le bonnet et l'anneau insignes de sa dignité nouvelle. Laissons donc là des personnalités indignes de la science et restons sur le seul terrain des faits, en dehors de toute autre préoccupation que la recherche de la vérité.

Depuis la publication du célèbre livre de Darwin, la doctrine de l'évolution prise dans la plus large acception du mot n'a fait aucun progrès sérieux; elle a même plutôt reculé; on est obligé de reconnaître ses lacunes et le nombre de ceux qui admettent que la sélection naturelle, la survivance des plus aptes, la lutte pour la vie, l'in-

(1) Certains écrivains catholiques, le P. Zahm notamment, abusent un peu de ces hautes autorités. Ni saint Augustin, ni saint Thomas ne pouvaient soupçonner les merveilleux progrès de la science, les procédés d'analyse et d'observation dont nous sommes les témoins. N'est-ce pas le premier qui a écrit que nombre de petits animaux naissent de vapeurs malsaines sortant de la terre, de corps morts, d'herbes ou de fruits en décomposition? Mais Dieu, ajoute-t-il, est le Créateur de tous. Saint Thomas, si je ne me trompe, accepte cette même hypothèse.

fluence du milieu ont pu former des races, des espèces ou des genres se restreint singulièrement. Romanes lui-même, le disciple favori de Darwin, reconnaît que l'on ne peut prouver ainsi la transformation des espèces (1). M. Gaudry remarque que les paléontologistes en suivant les êtres à travers les âges ne voient pas, comme on le supposait, une série de luttes pour la vie où la victoire reste aux mieux doués; au contraire ce sont les mieux doués, les plus perfectionnés qui disparaissent. Pourquoi ? Nous l'ignorons. Le Professeur Perrier, évolutionniste ardent, repousse également ce qu'il trouve de brutal dans la lutte pour la vie (2). Pour lui, l'association, l'assistance mutuelle, la division du travail, la solidarité ont joué un rôle prépondérant dans le perfectionnement des organismes. C'est une hypothèse de plus à ajouter à toutes celles que nous subissons.

Virchow (3) dans un autre sens est très net. Il admet, ce qui est constant, que le climat et les circonstances extérieures agissent sur les organismes ; mais aucun fait, dit-il, ne démontre que ces facteurs aient donné naissance non plus à une espèce nouvelle, mais même à une simple race. Quelques années auparavant, il disait déjà avec une grande liberté de langage (4) : « Quant au transformisme, je puis le dire, on a rarement vu un si grand problème traité aussi légèrement, pour ne pas dire aussi follement. »

S'il n'y a pas eu de croisements entre les différentes espèces, dira un illustre savant que nous avons déjà cité (5), comment ces transformations ont-elles eu lieu ? Lamarck

(1) Je pourrais citer encore, si je ne craignais de trop allonger ce travail, Wallace, *An Exposition of the natural selection with some of its applications* et Herbert Spencer, *Les facteurs de l'évolution organique*. Rev. Nouv. 1886, p. 155.

(2) *Colonies animales et Formation des espèces.*

(3) *Congrès des Anthropologistes allemands*, Vienne 1889.

(4) *Congrès des Anthropologistes allemands*, Francfort 1882.

(5) Gaudry, *Paléontologie philosophique*, p. 202; Paris 1896.

et plus récemment Cope ont parlé de l'influence que l'exercice a sur les organes; Darwin, du rôle qu'ont joué la sélection naturelle et la lutte pour la vie ; les changements physiques produits à la surface du globe ont eu une action ; les microbes n'ont pas été sans importance. Cependant, continue M. Gaudry, il faut avouer que l'on connaît très peu jusqu'ici les causes de ces transformations. Mais les effets dont on ne peut dire les causes, répondrons-nous, les effets que nous ne pouvons suivre dans leurs agissements restent et resteront toujours suspects.

Aucun des faits actuellement connus avec quelque certitude, ne prouve la transformation d'une espèce en une autre espèce, soit que cette transformation se soit opérée lentement par une suite de modifications légères accumulées pendant de longues séries de générations, soit qu'elle se soit opérée brusquement (1). Le Professeur Perrier (2) reconnaît avec loyauté que le passage d'une forme à une autre forme n'a jamais été obtenu par l'expérience ni observé dans la nature; et un autre savant membre de l'Académie des Sciences, M. Blanchard, a pu s'écrier sans que nul ait tenté de lui répondre : « Montrez-nous un seul exemple de la transformation d'une espèce » (3).

Aucun des facteurs invoqués avec une confiance déjà peut-être hésitante par l'école évolutionniste ne peut donc expliquer l'origine des espèces. Ils sont tout au plus des agents d'adaptation destinés à mettre les êtres en harmonie avec le milieu qui les entoure ; et si l'influence de ce milieu peut produire des changements physiologiques, rien dans ce que nous connaissons ne permet de croire que ces changements aient atteint l'organisme, encore moins que les espèces végétales ou animales se soient graduellement perfectionnées.

(1) Ch. Dareste, *Nouvelles expériences*.
(2) *Le transformisme*, p. 335 ; Paris 1888.
(3) *La vie des êtres animés. Préface.* Paris 1888.

L'évolution ne sera vraiment inattaquable que quand on aura démontré comment, par quel processus elle opère. Jusque-là elle restera une perpétuelle et, j'en conviens volontiers, une très séduisante hypothèse. « La théorie est facile, a dit un savant éminent, M. de Quatrefages, dont on ne saurait trop méditer les paroles, l'application est difficile et les transformistes qui l'ont tentée ont jusqu'ici complètement échoué (1). »

La génération spontanée se place au début de l'évolution ; elle semble naturellement sa cause première. Or Pasteur a montré, avec une autorité qui n'est même plus contestée, que la vie ne pouvait provenir que de la vie ; *omne vivum ex vivo* selon l'antique adage. La fermentation et la putréfaction n'engendrent pas les microbes dont on les dit les auteurs ; les microbes sont issus de microbes comme eux, et les liquides les plus altérables persistent constamment dans leur état primitif tant qu'ils sont préservés des germes de bactéries ou de ceux des végétaux cryptogamiques (2). Tyndall était ardent à soutenir l'opinion contraire. Il sentait que l'origine de la vie expérimentalement prouvée était la clef de voûte du système qu'il préconisait avec une grande ardeur et une grande persévérance. Il multipliait les recherches, les expériences ; il dut reconnaître et il n'hésita pas à avouer avec une loyauté qui honore sa mémoire, que là où la vie n'existait pas antérieurement, nul effort ne pouvait la faire naître (3).

La vie vient donc de la vie. Elle se produit par l'union du mâle et de la femelle, par la semence du mâle venant féconder l'ovule de la femelle. Cette union produit toujours, je l'ai dit, des êtres semblables à leurs progéniteurs.

(1) JOURNAL DES SAVANTS, mai 1891.

(2) Dehérain, *Les ferments de la terre*, REVUE DES DEUX MONDES, 1er mai 1895.

(3) « Quand on voit des haricots lever dans un jardin, disait Tyndall, il faut reconnaître que des haricots ont été semés ; de même, quand un liquide entre en putréfaction, il faut répéter avec la même assurance que l'air y a semé des germes . »

Tel est le fait réel ; telle est la vérité dans toute sa simplicité.

Si nous continuons notre étude, nous verrons l'union entre individus de la même espèce rester constamment féconde et donner naissance à des individus également féconds. C'est là une loi invariable. Les unions des individus de race différente appartenant cependant à la même espèce peuvent être fécondes, et ici encore nous trouvons souvent des métis aptes à se reproduire.

Il en est tout autrement des croisements entre espèces différentes, alors même que ces espèces sont aussi voisines que le cheval et l'âne, le lièvre et le lapin par exemple. Presque toujours les hybrides sont inféconds, et si la fécondité se montre encore chez les produits du premier sang, elle ne tarde pas à disparaître chez leurs fils ou chez leurs petits-fils; si elle persiste dans des cas absolument exceptionnels, le phénomène de retour aux types primitifs ne tarde pas à intervenir, et aucune trace du croisement originel ne reste visible.

Telle est aussi l'opinion d'un savant autorisé, M. Sanson. Il écrivait récemment (1) que des animaux d'espèce différente peuvent s'accoupler et donner naissance à des produits; mais il se refuse à admettre que ces produits conservent les caractères mixtes qu'ils avaient lors des premières générations. Il y a toujours retour à une des espèces parentes; par suite, la formation de nouvelles races ou de nouvelles espèces par voie d'hybridation devient impossible. Longtemps on avait espéré réussir avec les léporides, issus du lièvre et du lapin; aujourd'hui on est fixé à cet égard. Les léporides ne sont qu'une variété du lapin et leur squelette est celui du lapin (2). Il en est de même

(1) REVUE MENSUELLE DE L'ÉCOLE D'ANTHROPOLOGIE, mai 1897. On peut aussi consulter le *Dictionnaire d'Agriculture*, art. *Léporides*.

(2) Milne Edwards, ACADÉMIE DES SCIENCES, 3 août 1896. — Voyez aussi ACADÉMIE DES SCIENCES, 11 déc. 1892. — Les véritables léporides ont 3/8 de sang de lapin et 5/8, quelquefois même 3/4 de sang de lièvre. Malgré cette différence, le lapin domine toujours, la qualité l'emporte sur la quantité.

des prétendus hybrides de la chèvre et du mouton connus au Chili sous le nom de *chabins* (1). M. Cornevin a montré qu'ils n'étaient pas un croisement, mais bien une simple variété du genre *ovis*. Nul doute ne peut subsister, les chabins et les chèvres ne se croisent pas entre eux et, au contraire, les chabins et les moutons donnent lieu à des alliances fécondes.

L'imagination s'est souvent donné libre carrière sur l'hybridation. Vers le milieu du XVIe siècle et presque jusqu'à nos jours, on a accepté comme un fait le croisement soi-disant fécond du *Bos taurus* avec des équidés *(E. Caballus* et *E. Asinus)*; on avait même inventé pour les produits de ces accouplements le nom de *Jumarts* (2). On pourrait citer d'autres faits semblables. Hélas ! la crédulité humaine ne connaît pas de limites.

Ce qui rend l'hybridation, sinon impossible, du moins très difficile, c'est l'instinct puissant qui empêche les animaux de s'appareiller avec les animaux d'une autre espèce même très voisine (3). Ils opposent à l'intervention de l'homme une répugnance généralement plus marquée chez la femelle que chez le mâle. Souvent on est obligé de recourir à des stratagèmes, à la force même pour assurer le succès désiré.

Cette répugnance des espèces différentes les unes pour les autres fournit même un excellent critérium pour distinguer l'espèce de la race. Elle peut être poussée si loin qu'elle s'étend exceptionnellement à des individus de la même espèce. On cite, dans la forêt de Dean et dans d'autres parcs anglais, la présence de daims à robe claire et d'autres daims à robe foncée ; ils ne s'appareillent point entre eux. Dans les îles Feroë, il existait une race de moutons noirs paissant en liberté ; on introduisit dans une de ces îles, des moutons blancs ; les deux races refusèrent de se mêler. Il en est de même pour les chevaux :

(1) Note de M. Cornevin lue à l'ACADÉMIE DES SCIENCES, 3 août 1894.
(2) Suchetet, *La Fable des Jumarts*, MÉM. SOC. ZOOL., t. II, 1889.
(3) Duvernoy, *Dictionnaire des sciences médicales*, art. *Propagation*.

on connaît en Circassie six sous-races différentes vivant à l'état sauvage; trois d'entre elles, raconte Darwin (1), rejettent tout rapprochement sexuel avec les autres.

Dans ces conditions, l'hybridation sans l'intervention de l'homme est un fait des plus rares si même elle existe (2).

Un de nos collègues, M. Suchetet, l'a fait ressortir avec beaucoup de force dans un volume très documenté qu'il vient de publier (3). Il disait déjà en 1894, au Congrès de Bruxelles, qu'il ne connaissait aucun fait d'hybridation chez les mammifères à l'état sauvage et que, chez les oiseaux, les faits allégués soumis à une critique sévère se réduisaient à un petit nombre de cas et toujours chez des espèces très voisines. Complétant plus tard ce premier travail, défalcation faite des cas erronés ou douteux, il reste, nous apprend-il, 106 croisements hybrides sur 216 examinés. Mais sur le premier chiffre combien peut-on en rattacher à l'état sauvage avec quelque certitude? Aucun contrôle sérieux sur les appariages n'est possible, et les résultats restent forcément douteux (4).

Combien de ces hybridations, faut-il aussi demander, ont donné des produits au premier et au second degré? Combien ont-elles formé d'espèces nouvelles? La conclusion de M. Suchetet est nette; après avoir fait de l'hybridation l'objet de longues et patientes recherches, il n'a pas vu un seul exemple d'hybrides indéfiniment féconds; quand ils ne sont pas stériles, ces types, mélange imparfait de types de deux natures différentes, reviennent forcément à l'une ou à l'autre des espèces parentes et, comme conclusion finale, la plupart des hybrides, dit-il, ne sont pas

(1) *Animals and Plants under Domestication*, t. II, pp. 102, 103.

(2) Chez les poissons et chez les insectes le fait ne paraît pas se présenter; les guêpes ne fécondent pas les abeilles, bien que les unes et les autres appartiennent aux hyménoptères. Mais l'observation pour les poissons comme pour les insectes est difficile, pour ne pas dire impossible. Duvernoy, *loc. cit.*

(3) *Des hybrides à l'état sauvage*, Paris 1897.

(4) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 2e série, t. XIII, janv. 1898, p. 258.

féconds et on peut considérer comme une loi presque générale la stérilité de leur progéniture. Darwin lui-même fut forcé de le reconnaître (1).

Le règne végétal présente des faits semblables. Un horticulteur habile nous apprend qu'en dehors bien entendu des efforts persévérants de l'homme, les espèces soumises à la culture, exposées à toutes les influences modificatrices qui accompagnent les semis sans cesse répétés, conservent néanmoins leur existence bien distincte ; elles montrent perpétuellement des variétés nouvelles, mais ces variétés ne dépassent jamais les limites qui séparent les espèces voisines (2).

En botanique, ajoute l'abbé Boulay (3), la question de l'espèce est toujours obscure. Certaines formes ou types spécifiques se présentent à nous dans la nature comme douées d'une fixité absolue. Elles se distinguent facilement de toutes les autres ; elles ne produisent pas de variétés notables et ne se croisent pas avec les espèces voisines. Cependant suit-il de là qu'elles remontent à l'origine des choses et qu'elles aient été créées dans l'état où nous les voyons ? Il serait imprudent de l'affirmer. D'autres formes, au contraire, sont instables et variables à l'excès ; on ne sait dans ces groupes où l'espèce commence et où elle finit. On range ces espèces flottantes en séries, sans insister sur la valeur des caractères qui servent à les délimiter.

Dans un autre ordre d'idées, M. Naudin (4) citait l'étrange variabilité des espèces chez les Eucalyptus, les entrecroisements de leurs caractères et les changements de figure des individus eux-mêmes à mesure qu'ils avancent en âge. Toutes ces formes, selon lui, sont dérivées

(1) *The Origin of species*, t. II, p. 44.

(2) Vilmorin-Andrieux, *Introduction aux plantes potagères*.

(3) *Les Sciences naturelles et l'Anthropologie*, REVUE DE LILLE, 1895. — *La théorie de l'évolution en botanique*, REVUE DES QUEST. SCIENTIF., octobre 1894.

(4) ACAD. DES SCIENCES, 19 janvier 1891.

d'un prototype unique postérieurement à la séparation de l'Australie du continent asiatique.

Si l'évolution peut expliquer cette dernière hypothèse en la supposant hors de contestation, quelle solution donne-t-elle pour les autres ? Le P. Dierckx (1) complète ma pensée. Rien de satisfaisant pour l'évolution, dit-il, n'a pu être déduit des faits nombreux consciencieusement observés par les botanistes voués aux recherches de l'embryogénie végétale.

En résumé, l'hybridation est surtout obtenue par l'intervention active et artificielle de l'homme ; mais chez les espèces domestiquées comme chez les espèces sauvages, elle n'aboutit pas à la formation d'espèces indéfiniment fécondes ; elles retournent toujours rapidement à l'une des espèces parentes.

La stérilité des hybrides est une preuve bien forte en faveur de la stabilité des espèces, de la fixité des types et de leur variabilité dans des limites étroites. Pour l'école transformiste, les espèces ne sont que des variétés temporairement fixées et maintenues par l'hérédité ; elles se modifient sans cesse, s'adaptant toujours aux conditions du milieu. Pour nous, au contraire, les espèces restent constamment isolées les unes des autres par une barrière physiologique que l'industrie humaine peut forcer dans certains cas, mais qui se relève bientôt et maintient la séparation absolue.

Un fait frappe dans cette conclusion que j'emprunte à un maître regretté, M. de Quatrefages ; c'est l'intervention de l'homme dont j'ai déjà fait ressortir l'importance. Cette intervention est plus puissante que la nature. La nature obéit à des lois régulières et immuables ; l'homme dirige les forces, il les oppose les unes aux autres, il supprime celles qu'il juge nuisibles, il active celles favorables à l'action qu'il prétend exercer. Il arrive ainsi à créer des

(1) Rev. Quest. scient. 1894, p. 587.

variétés et même des espèces qui ont une existence momentanée. Il n'en est pas de même dans la nature. Demandez à nos vieux veneurs s'ils ont jamais connu les hybrides du cerf et du daim, du lièvre et du lapin, des grands félides d'espèce différente ; s'accouplent-ils dans les déserts de l'Afrique ou dans les jungles de l'Asie ? S'il pouvait en être ainsi, le nombre des hybrides s'accroîtrait singulièrement; les naturalistes ne seraient plus embarrassés pour signaler une espèce en voie de formation, et les paroles de M. de Quatrefages seraient amplement justifiées : « Supprimez sur la terre les lois du croisement, disait-il (1), et voyez quelle confusion. Je ne sais guère où elle s'arrêterait. Après quelques générations, ce que nous appelons genres, familles, ordres et classes aurait disparu ; les embranchements ne sauraient tarder à être atteints. Il ne faudrait pas un grand nombre de siècles pour que le règne animal et le règne végétal présentassent le plus grand désordre. Or l'ordre existe dans les deux règnes, depuis l'époque où les premiers êtres organisés sont venus peupler les solitudes du globe. Il n'a pu s'établir et durer que grâce à l'impossibilité où sont les espèces de fusionner les unes dans les autres par des croisements indifféremment ou indéfiniment féconds. »

Il est un autre argument qui m'a toujours singulièrement frappé. Le but visible de la création est de maintenir la continuité de la vie sur le globe. Pour l'assurer, le Créateur a doué tous les êtres sortis de sa main d'un instinct génésique dont la force et la puissance éclatent dans la nature entière et que l'homme lui-même ne maintient qu'avec peine dans les limites légitimes. Si toutes les espèces, comme le veulent les évolutionnistes, sortent d'une même souche, comment et pourquoi cet instinct a-t-il disparu ? Comment et pourquoi s'est-il transformé chez les êtres d'espèces différentes en une invincible répu-

(1) *L'Espèce humaine*, ch. XI, p. 76.

gnance ? Ici encore, nos interrogations restent sans réponse, ou plutôt, redisons-le encore, on en fait une qui semble tout trancher : — l'évolution.

« L'évolution, mot commode et mal défini, dit Lord Salisbury (1), un de ces mots qui de temps à autre surgissent dans la langue vulgaire et qui ont le don de nous soulager de nos perplexités et de masquer les lacunes de notre science. »

La conclusion qui ressort de ces pages ne peut surprendre aucun de nos lecteurs. Dans la nature vivante, dans celle que nous étudions autour de nous, aucun fait sérieux ne justifie les théories évolutionnistes. Nous ne voyons jamais de nouvelles espèces sortir de celles que nous connaissons; nous ne voyons jamais une espèce en voie de formation.

En était-il de même dans le vieux passé du globe ? Il faut distinguer entre un passé relativement moderne que l'histoire et l'archéologie nous enseignent, et un passé qui remonte à des siècles dont l'esprit humain a peine à saisir le nombre et dont seules la géologie et la paléontologie révèlent l'existence. Continuons l'étude que nous avons entreprise et recherchons les leçons que l'un et l'autre de ces passés nous apportent.

III

Tout ce que nous savons des temps historiques permet d'affirmer que l'organisme des différents êtres n'a subi durant ces temps aucune modification sérieuse. Si haut que nous remontions dans ce passé encore si peu connu, les races, les espèces, les genres se montrent avec les caractères qne nous leur voyons aujourd'hui. La descrip-

(1) *Ass. Brit. pour l'avancement des Sciences.* Oxford, discours du Président.

tion donnée par Aristote des animaux divers qui peuplaient la Grèce et l'Asie, s'applique rigoureusement aux individus représentant les espèces qu'il décrivait il y a plus de deux mille ans. Le lévrier et le basset figurent sur la tombe de Roti, célèbre chasseur qui vivait en Égypte sous la XIIe dynastie, il y a plus de quatre mille ans; leur type est aussi distinct que celui que nous relevons de nos jours. La tombe du roi Entef, de la XIe dynastie, est plus ancienne encore. Le roi figure au milieu de ses quatre chiens favoris. Le grand lévrier et le petit poodle égayent encore nos salons. Un magnifique bas-relief, récemment retiré des ruines de Babylone, représente un mâtin sculpté sous le règne de Nabuchodonosor ; il ressemble, à s'y méprendre, aux mâtins du XIXe siècle (1).

Les ossements des loups *(canis lupus)* si voisins des chiens, trouvés dans les oubliettes de Gargas (2), ne présentent aucune différence spécifique ni même aucune différence de race avec les loups qui vivent aujourd'hui ; seule, la taille moyenne paraît peut-être un peu plus élevée.

Les ibis, les crocodiles dont on recueille les innombrables momies en Égypte, sont de tous points semblables aux ibis qui peuplent la vallée du Nil, aux crocodiles qui se baignaient, il y a quelques années encore, dans les eaux du fleuve. « Mon savant collègue, M. Geoffroy Saint-Hilaire, écrivait Cuvier (3), a retiré des temples de la Haute et de la Basse Égypte, des chats, des ibis, des oiseaux de proie, des chiens, des singes, des crocodiles, une tête de bœuf embaumés, et l'on n'aperçoit pas plus de différence entre ces êtres et ceux que nous voyons, qu'entre les momies humaines et les squelettes des hommes d'aujourd'hui. »

La Chaldée offre des enseignements aussi nombreux et

(1) Nott, *History of Dogs*, inséré dans *Nott and Gliddon ; Types of Mankind*. London and Philadelphia, 1854.

(2) A. Gaudry, *Les oubliettes de Gargas. Matériaux pour l'étude des temps quat.* Fasc. IV.

(3) *Discours sur les révolutions du globe.*

aussi intéressants que ceux de l'Égypte. On y voit des chevaux qui ne sont représentés sur aucun monument égyptien antérieur à la XVIIe dynastie. Parmi les remarquables découvertes dues à M. de Sarzec, nous citerons un bas-relief figurant E-Anna-Dou, roi de Sirpoula, monté sur un char et entouré de ses gardes. Une autre scène représente soit des funérailles après un combat, soit un sacrifice après la victoire. Un taureau doit être offert au Dieu qui préside à la fête. Ces bas-reliefs remontent au moins à quatre mille ans avant notre ère. Les chevaux, les taureaux qui y figurent sont ceux que nous voyons aujourd'hui (1).

Les gravures des troglodytes de nos régions, autant que leurs grossières ébauches permettent d'en juger, représentent, comme les bas-reliefs de la Chaldée ou les hypogées de l'Égypte, des animaux que nous connaissons. Les ossements retirés de nos plus anciennes cavernes sont ceux de leurs congénères actuels; les coquilles de Solutré, celles des grottes de la Vézère ou de la Charente disent la même histoire.

Le Niagara coulait à pleins bords, il y a 36 000 ans, à travers un vaste plateau pour se jeter dans le lac Ontario. Il a déposé sur les rives de son ancien lit de nombreuses coquilles, muets témoins de ce lointain passé. Toutes sont identiques à celles vivant encore dans l'Amérique du Nord (2).

Si nous interrogeons le règne végétal, il nous fera la même réponse. Les plantes, si haut que nous remontions, n'ont éprouvé aucun changement dans leur organisme ou dans leur structure. Les recherches spéciales auxquelles on s'est livré sur le blé, loin de faire admettre l'instabilité des formes spécifiques, conduisent au contraire à une con-

(1) Heuzey, BUL. ACAD. DES INSC., 12 août, 21 octobre 1892, 18 août 1893.

(2) Thury, *Age actuel des règnes organiques et théorie de la descendance*. ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES. Le Niagara recule du côté du lac Érié de 33 mètres environ par siècle. La distance est aujourd'hui de 12 000 mètres. On peut donc conjecturer que le mouvement de recul dont nous constatons les résultats a commencé il y a 36 000 ans.

clusion favorable au type de l'espèce s'imposant à la multiplicité des races et des variétés (1). L'if, le pin sylvestre, le bouleau, le chêne, le noisetier, l'érable reconnus à Robenhausen en une couche de lignites déposée durant l'intervalle de deux périodes glaciaires, ne présentent aucune différence essentielle avec les espèces actuelles (2). Les Égyptiens connaissaient un grand nombre de plantes qui apportent une conclusion semblable. La Société Linnéenne du Nord en a publié la liste. Nous y voyons figurer le *Cyperus papyrus* que nous cultivons dans nos serres, vingt espèces de graminées, des céréales parmi lesquelles le blé, le sorgho, l'orge qui servait déjà à cette époque à la fabrication de la bière, des fleurs, le bluet, le lotus bleu ; puis aussi le céleri sauvage, la vigne recueillie dans une tombe datant de la XIIe dynastie, des cônes de pin *(Pinus pinea)*, des figues, des graines de ricin, de la petite euphorbe, des grenades, des légumineuses, telles que les lentilles, les pois, les lupins (3). L'herbier du Dr Schweinfurth conservé au Musée du Caire renferme les fleurs trouvées dans le tombeau d'Amenophis I, de la XVIIIe dynastie. Elles aussi sont semblables aux fleurs qui croissent encore aujourd'hui dans la vallée du Nil (4).

Ces faits qu'il serait facile de multiplier paraissent péremptoires, et les réponses des transformistes ne sont pas pour affaiblir les conclusions qui s'imposent. A l'immutabilité des espèces, ils opposent l'immutabilité des milieux. Ainsi la permanence des types peut provenir du fait que, depuis leur apparition, il n'est survenu aucune des perturbations qui ont bouleversé le globe durant les temps géologiques. Mais qui ne voit que cette réponse est

(1) Dr Dufresne, *De l'origine des plantes cultivées.* Cfr. le marquis de Saporta, *L'origine paléontologique des plantes cultivées ou utilisées par l'homme.*

(2) Oswald Heer, *Le paysage morainique.*

(3) NATURE, 9 octobre 1897.

(4) Passalacqua, *Recherches sur les plantes trouvées dans les tombeaux égyptiens.*

la négation de toute la doctrine évolutionniste ? La sélection naturelle et la lutte pour la vie sont des lois générales; si elles sont vraies, elles ont toujours existé ; elles ont dû nécessairement exercer leur action en dehors même du milieu ambiant, et on ne peut supprimer l'effet sans supprimer en même temps la cause.

Les évolutionnistes s'appuient aussi sur la longue durée du globe. C'est par milliers de siècles que les géologues calculent le temps nécessaire à la formation des terrains stratifiés, écorce superficielle de la terre, et durant une grande partie tout au moins de ce temps, la vie organique a certainement persisté. Or ces siècles, dont aucun chronomètre connu ne permet de mesurer la durée, sont indispensables, nous dit-on, pour que des déviations de types, des variétés légères à l'origine puissent se transmettre à la descendance, acquérir peu à peu la fixité et devenir finalement le caractère exclusif d'une race ou d'une espèce; nous sommes donc mal venus à nous appuyer sur les temps relativement courts que l'histoire et l'archéologie nous font connaître. Mais si courts que puissent être ces temps, l'action de l'évolution n'a pas dû s'arrêter et on ne saurait croire, si elle est la loi universelle, que toute trace de son action ait disparu.

Une autre considération est non moins importante. Il est impossible, en étudiant les profondes assises du globe, de ne pas admettre la longue durée des temps. Mais même à ce point de vue, il faudra toujours, si haut que l'on remonte, arriver au moment où des espèces issues d'un ancêtre commun, naturellement fécondes entre elles par conséquent, perdent cette fécondité.

L'infécondité, je l'ai dit et je le répète, est le fait considérable qui domine la question. Darwin a dû reconnaître l'impossibilité d'expliquer cette séparation physiologique des espèces et, depuis lui, on n'a apporté aucun argument nouveau. Tant que cette explication ne sera pas donnée, tant que cette preuve ne sera pas apportée, nous resterons

condamnés à des hypothèses que Mgr d'Hulst a naguère si brillamment résumées (1), le besoin de vivre créant la vie, le besoin d'organes créant les organes, le besoin d'ordre créant l'harmonie.

Nous avons réservé ce qui est relatif à l'homme. Ici la question est plus claire encore s'il est possible, et nulle part nous ne trouvons des traces d'évolution ou de transformation. Nos musées renferment des milliers de squelettes humains ; ils remontent à tous les âges, ils proviennent de toutes les régions. Tous appartiennent à une humanité semblable à la nôtre. C'est là un fait incontestable et, je crois, incontesté.

Mais laissons là les temps historiques, où la preuve est surabondamment faite ; recherchons les premières traces de l'homme sur la terre et la leçon qu'elles enseignent. Il est certain, sans que nous puissions préciser le moment exact de son apparition, que l'homme a vécu dès l'époque quaternaire, probablement, dès les débuts de cette époque. Nous possédons comme ses irrécusables témoins, les silex taillés, les os appointés par sa main, les coquilles dont il se parait, les figures, les scènes reproduites par lui, souvent avec un talent artistique qui surprend. Nous connaissons les cavernes qu'il habitait et qu'il lui fallait disputer à l'ours et l'hyène dont elles étaient le repaire. Déjà même nous pouvons raconter sa vie, ses chasses, ses pêches, ses migrations, les débuts de son histoire.

Malgré les nombreuses reliques datant des premiers temps de l'humanité recueillies dans toutes les régions du globe, les ossements humains restent rares et nous ne pouvons guère citer que sept ou huit découvertes sérieuses; encore plusieurs d'entre elles sont-elles fortement contestées.

Tous les anthropologistes sont, je crois, aujourd'hui

(1) CORRESPONDANT, 25 déc. 1889.

d'accord pour rejeter l'antiquité du crâne de Canstadt, des crânes déformés provenant de certaines alluvions de l'Autriche, de la mâchoire de Moulin Quignon ou de celle de Maestricht (1), des squelettes de Bohuslan ou de la Guadeloupe, du crâne de Nagy-Sap, de tant d'autres qui ont eu leur heure de célébrité et que des études plus approfondies ont condamnés à un éternel oubli (2).

Quel est l'anthropologiste qui ne s'est occupé du crâne de Néanderthal et des longues discussions auxquelles il a donné lieu? Ce crâne, avec l'immense développement des arcades sourcilières, la longueur et l'étroitesse de la boîte osseuse, l'épaisseur des parois, l'inclinaison de l'occiput, le peu d'élévation de la voûte crânienne, est peut-être la forme la plus pithécoïde rencontrée jusqu'à présent. Mais la capacité crânienne est de 1230 c. c., la moyenne des Hottentots ou des Polynésiens. Cette quantité de substance cérébrale, dit Huxley (3), suffirait seule à prouver que les tendances pithécoïdes ne s'étendaient pas profondément à l'organisme.

La conclusion du savant Anglais est justifiée par les os du squelette, qui montrent que la hauteur absolue et les proportions relatives des membres étaient celles d'un Européen actuel de taille moyenne. A aucun point de vue, ajoute Huxley, dont le témoignage ne saurait être suspect, les ossements trouvés à Néanderthal ne peuvent être considérés comme ceux d'un être intermédiaire entre l'homme et le singe. Il paraît, d'ailleurs, aujourd'hui avéré que ce crâne est moins ancien qu'on ne le croyait (4), et

(1) Cette mâchoire aujourd'hui au Musée de Leyde, a été trouvée à Smeermas auprès de Maestricht. Elle gisait dans une couche supérieure aux grands animaux disparus dont on a prétendu faire ses contemporains, couche de formation récente, probablement du lœss déplacé, disent les géologues qui l'ont examinée.

(2) Hervé, REV. DE L'ÉCOLE D'ANTH. 1891.

(3) *Sur quelques ossements fossiles humains*, p. 155, 156, 158.

(4) On a été jusqu'à prétendre que ce crâne était celui d'un Cosaque; en 1814.

M. d'Acy a dit avec raison que s'il s'agissait d'un crâne ordinaire, nul ne songerait à soutenir sa haute antiquité. Le type néanderthaloïde, comme on l'a appelé, se rencontre d'ailleurs à toutes les époques (1) et, selon Vogt, il n'est nullement incompatible avec un développement intellectuel très accusé (2).

Nous pouvons répéter pour la mâchoire de la Naulette ce que nous venons de dire pour le crâne de Néanderthal. Cette mâchoire, dont l'antiquité est appuyée de preuves sérieuses, a été trouvée en 1862, auprès de Dinant, associée à de nombreux ossements de mammifères, mammouth, rhinocéros, renne, loup, sanglier (3). Le menton fait défaut, ce qui amène un prognathisme exagéré. A en juger par l'étendue relative des alvéoles, les canines étaient énormes et les molaires, au lieu d'aller en décroissant comme chez l'homme, augmentaient de volume de la première à la dernière, comme chez le singe. L'apophyse geni, saillie osseuse située à la partie interne de la mâchoire et sur laquelle s'insèrent les muscles de la langue, faisait, ajoutait-on, défaut; de là, la conclusion que l'homme de la Naulette ne pouvait posséder le langage articulé, ou qu'il ne le possédait qu'à l'état très rudimentaire. Hæckel avait même déjà proposé pour lui le nom d'*Homo alalus*, l'homme privé de la parole. Ce dernier fait était faux et dû à une observation incomplète; on a reconnu que l'apophyse geni existait. Ainsi tombait un des principaux arguments qui appuyaient notre descendance animale (4). Il en est d'au-

(1) M. de Mortillet cite, entre autres, un crâne récemment trouvé à Marcilly-sur-Eure. BUL. SOC. ANTH. 1884, p. 11.

(2) Quatrefages, *Cong. de Lisbonne*, 1880. — MATÉRIAUX 1880, p. 528.

(3) Cartailhac, REV. D'ANTH. Juillet 1886.

(4) Les mâchoires humaines présentant des caractères semblables à ceux de la mâchoire de la Naulette ne sont pas rares. En Belgique, on en a recueilli une dans la caverne de Goyet. Dans la grotte de Schipka (Moravie), au milieu de débris nombreux d'animaux pleistocènes, gisait une mâchoire offrant une curieuse ressemblance avec celle que nous venons de décrire. M. F Regnault cite un maxillaire inférieur provenant de la grotte de Malarnaud (Ariège). Les caractères qu'il accuse sont ceux d'une race primitive plus dégradée

tres cependant que l'École invoque avec une complaisance mal déguisée. Dans une remarquable étude sur cette relique humaine (1), le docteur Topinard nous dit : « La mâchoire de la Naulette présente quelques caractères rappelant les dispositions simiennes et en présente réunies plus qu'aucune autre mâchoire connue ; mais pas un de ces caractères n'a une valeur absolue; ils ne peuvent caractériser une espèce ou une race intermédiaire entre l'homme et le singe. »

Le squelette trouvé par M. Michel Hardy à la Chancelade dans la commune de Raymonden (Dordogne), remonte à ce que l'on est convenu d'appeler l'époque Magdalenienne (2). Le Dr Testut (3) nous dit qu'il appartenait à un homme de 55 à 60 ans. La taille est très petite, 1m,50 seulement, la tête volumineuse et fortement dolichocéphale, la face haute et large, les orbites également hautes, le nez étroit et allongé. Les mandibules sont puissantes, les membres relativement longs, les pieds et les mains larges, les os robustes, massifs, trapus ; ils portent des empreintes musculaires nettement accusées. La forme du front, la capacité crânienne de 1710 c. c. rappellent, selon M. Hardy, nos races les plus élevées. Le volume des dents va croissant de la première à la troisième, comme dans les mâchoires de la Naulette et de Spy. Les tibias sont très aplatis. M. Testut, tout en insistant sur les

peut-être que celle de la Naulette. Nous ajouterons, sans sortir trop de notre sujet, qu'au milieu de nombreux ossements d'animaux éteints, M. Regnault a recueilli ceux du ceon qui ne vit aujourd'hui que sur les hauts plateaux de l'Himalaya et dont, jusqu'à la découverte de M. Regnault, on ignorait la présence en Europe durant les temps quaternaires (REV. DES PYRÉNÉES ET DE LA FRANCE MÉR. 1889).

M. Regnault a également présenté à l'Académie des Sciences (C. RENDUS 8 sept. 1895) une note sur un autre maxillaire inférieur provenant de la grotte d'Estellas auprès de St-Girons et offrant les mêmes caractères d'infériorité.

(1) *Les caractères simiens de la mâchoire de la Naulette.* REV. D'ANTH., juillet 1886.

(2) Cartailhac, *La France préhistorique*, p. 116.

(3) *Recherches anthropologiques sur le squelette quaternaire de la Chancelade.*

caractères d'infériorité (1), reconnaît que l'homme de la Chancelade ne fait pas disparaître la lacune immense qui existe entre le genre *Homo* et les autres groupes zoologiques (2).

Aux détails anatomiques M. Hardy ajoute que, dans le même abri sous roche, il avait recueilli un bâton de commandement portant gravé un *alca impennis*, une pendeloque avec une tête d'*ovibos* et sept petits personnages. La région temporale du crâne du vieillard montre les traces d'une grave blessure ne mesurant pas moins de 43 millimètres sur 50, à laquelle il avait survécu. Les ossements enfin avaient été colorés en rouge après le décharnement artificiel ou naturel (3). Les hommes qui habitaient la Chancelade durant les temps paléolithiques savaient donc graver ou sculpter leurs armes et leurs ornements ; ils vivaient en société, puisque les blessés recevaient les soins nécessaires ; ils honoraient leurs morts par la sépulture, et nous voyons chez eux la coloration en rouge des ossements, cette coutume étrange si fréquente durant les temps néolithiques (4), et qui persiste encore de nos jours chez certaines races sauvages. Quelle comparaison, je le demande, peut-on établir, malgré les caractères d'infériorité que l'on prétend relever sur leurs ossements, entre ces hommes et les grands anthropoïdes?

Je pourrais, si je ne craignais de fastidieuses répétitions, continuer la longue énumération des ossements humains datant du paléolithique ou des débuts du néolithique. Je

(1) Je voudrais bien que l'on établît avec clarté ce qu'il faut entendre par les *caractères d'infériorité* et le rôle joué dans l'organisme par ces caractères, acceptés par les uns, rejetés par les autres. Je prendrai pour exemple la platycnémie signalée par un grand nombre d'anthropologistes comme un caractère d'infériorité et dont l'origine tout accidentelle serait due, selon le Dr Manouvrier, à de longues marches ou au port de lourds fardeaux.

(2) BUL. SOC ANTH. 1890, p. 453, 454.

(3) Cartailhac, *La France préhistorique*, p. 116.

(4) J'ai donné dans cette REVUE (octobre 1897) de nombreux exemples de cette coloration factice d'ossements humains.

pourrais citer les crânes d'Engis (1) ou de Crespy, les squelettes de Laugerie, de Solutré (2), de l'Homme Mort, de Boundoulaou (3), de Menton, de Sordes, bien d'autres encore qui tous aboutissent aux mêmes conclusions. Sir R. Owen a reconnu à Bruniquel des ossements qu'il n'hésite pas à regarder comme quaternaires (4). « Ces hommes, nous dit-il, ne montrent ni des fronts plus bas, ni des orbites plus proéminentes que les hommes actuels (5). »

Des faits semblables nous sont annoncés de l'étranger; il faut en mentionner quelques-uns, pour montrer combien ils confirment les enseignements donnés par les ossements découverts en France. Il y a trois ans (6), M. Newton décrivait, devant la Société géologique de Londres, un crâne portant encore sa mandibule trouvée à Galley Hill (Kent). Le front est hyperdolichocéphale, très long, très étroit, très déprimé ; les arcades sourcilières sont proéminentes ; le front est fuyant, l'occipital aplati. Les ossements qui gisaient auprès du crâne rappellent ceux de Spy. Aucun doute ne parait exister sur l'authenticité de

(1) Selon M. de Mortillet, l'origine du crâne d'Engis paraît très douteuse. Il présente à la fois des caractères très élevés et des caractères d'infériorité. Un autre crâne, trouvé tout auprès, est d'un type très élevé. BUL. SOC. D'ANTH. 1882, p. 622.

(2) Il y a à Solutré quatre catégories de faits à distinguer, nous dit un savant très compétent, M. Arcelin (*Les nouvelles fouilles de Solutré*, ANTHROPOLOGIE, 1890, p. 295 et s.) : A. Les foyers de l'âge du renne. B. Les sépultures. C. Les amas d'ossements de chevaux. D. Les foyers d'un âge plus ancien que le renne. L'homme a habité Solutré à quatre reprises différentes séparées par des intervalles de temps que représente le terrain d'éboulis intercalé entre les diverses zones archéologiques.

(3) ACAD. DES SCIENCES, 19 juin 1893. Parmi les découvertes de Boundoulaou, on cite un cylindre creux taillé dans un fémur humain. Était-ce un instrument de musique, un ornement ou un trophée ?

(4) LONGMAN'S MAGAZINE, nov. 1882.

(5) Nous omettons à dessein les découvertes d'ossements humains faites dans la vallée de la Seine. M. Rivière disait, en 1893, à l'Académie des Sciences et à la Société d'Anthropologie : « Si l'homme des gisements de la Seine existe certainement en tant qu'industrie, son squelette ne paraît pas encore avoir été trouvé et toutes les découvertes de Grenelle, Clichy, Billancourt ne semblent pas des découvertes d'hommes réellement fossiles, mais bien des os humains postérieurs à l'époque quaternaire ».

(6) Le 22 mai 1893.

cette découverte. Les terrains n'ont point été remaniés et, avec les reliques humaines, il a été recueilli des silex taillés et des débris d'animaux quaternaires (1). Il n'est aucune raison de séparer cet homme de l'humanité actuelle.

M. F. da Paula Oliveira a recueilli 52 squelettes dans les Kjökkenmöddings de la vallée du Tage. Les couches paraissent antérieures au néolithique. Si elles n'ont donné aucune hache polie, elles n'ont livré non plus aucun ossement de mammifère permettant de les dater avec quelque sécurité de la période paléolithique. Les crânes tantôt dolichocéphales, tantôt brachycéphales, indiquent un mélange de races diverses dès les premiers temps où le Portugal a été habité. Ils ne diffèrent en rien de ceux de nos contemporains (2). L'Italie nous offre les squelettes de Castenedolo et le crâne de l'Olmo. A tous les deux, on a voulu attribuer une haute antiquité ; des savants éminents ont prétendu attribuer les premiers au pliocène et même au miocène. (Que peut la science contre des opinions préconçues ?) On est arrivé aujourd'hui à des appréciations plus sérieuses (3). Sir John Evans les croit néolithiques (4) et le Dr Topinard, sans prétendre les dater, se contente de dire que les ossements de Castenedolo provenant de quatre individus au moins, deux hommes, une femme et un enfant, ne sont pas contemporains de l'argile verte pliocène, encore moins des coraux miocènes parmi lesquels ils ont été trouvés (5). Ces ossements, quel que soit l'âge auquel on puisse les faire remonter, ne rappellent en rien une humanité différente de la nôtre.

Nous ne voulons plus raconter que les découvertes de Spy et des Hoteaux rangées à bon droit parmi les plus anciennes connues.

(1) Boule, ANTHROPOLOGIE, 1893.
(2) ANTHROPOLOGIE, 1891, p. 223.
(3) Sergi, Issel Bol. PALETHN. ITAL.
(4) *Adress Anth. Inst. of Great Britain*, 1886.
(5) REV. d'ANTH. Juillet 1886.

On a retiré, en 1886, de la grotte de la Bêche aux Roches auprès de Spy, d'une couche non remaniée, deux squelettes, celui d'une femme âgée et celui d'un homme jeune encore. Les crânes par leur forme exagérée rappellent celui de Néanderthal. Une brèche assez compacte et parfaitement intacte, m'ont affirmé les ouvriers, renfermait de nombreux ossements caractéristiques, le *mammouth*, le *rhinoceros tichorhinus*, le *cervus canadensis* (?), le *cervus elaphus*, le *renne*. On a aussi retiré de ce dépôt osseux les dents d'un grand félide qui n'ont pu être déterminées, et des débris que l'on a cru pouvoir attribuer à l'*Elephas antiquus* (?). A côté des ossements, gisaient de nombreux silex taillés, un bâton de commandement, un os creux renfermant de l'oligiste, des phoques en ivoire, imitant les phoques en pierre trouvés sous un mound auprès de Swanton (Vermont) (1). Les cadavres avaient été déposés repliés sur eux-mêmes. Les ossements, bien que partiellement brisés par le poids des terres, conservaient leur connexion naturelle ; tout prouvait une sépulture (2). Si donc, comme le croit le Dr Topinard (3), ces ossements présentent des caractères d'infériorité, s'ils se rapprochent plus de l'animal que les ossements de toute autre race connue, il faudra cependant conclure que ces hommes étaient déjà supérieurs à tous les autres êtres, puisqu'ils enterraient leurs morts et déposaient auprès d'eux, à portée de leurs mains, des silex, armes ou ornements destinés à la nouvelle vie où ils entraient.

La grotte des Hotteaux raconte la même histoire. J'ai dit dans cette Revue, la découverte de l'abbé Tournier (4). Les foyers successifs s'étendant sur une surface de 60 mètres carrés ont livré de nombreux objets travaillés, des lames,

(1) *Amérique préhistorique*, fig. 82, p. 174.

(2) *Cong. Arch. Namur* 1886. — *Cong. préh. de Paris* 1889, p. 31. — Fraipont et Lohest, *Recherches ethn. sur les ossements humains découverts dans les dépôts quat. d'une grotte à Spy.*

(3) BUL. SOC. ANTH. 1888, p. 696.

(4) Octobre 1897.

des grattoirs, des pointes de silex, des burins, des poinçons en os, des ornements consistant surtout en dents et en coquilles perforées, des os gravés et parmi eux un bâton de commandement en bois de renne portant un cervidé. Les ossements d'animaux abondent dans les diverses couches superposées. Ils attestent le long séjour de l'homme souvent interrompu par des migrations entraînant les troglodytes vers des régions où le climat était plus doux, la végétation plus riche, le gibier et le poisson plus abondants, la vie plus facile (1).

Le squelette d'un adolescent de 15 à 18 ans était étendu au milieu du foyer le plus ancien (le sixième) ; aucun des objets que nous venons de citer ne se trouvait auprès de lui; sa vie avait précédé probablement d'un long temps les hommes qui les fabriquaient. Les os, tous dans leur position naturelle, étaient semblables à ceux des jeunes hommes qui vivent aujourd'hui (2).

Si nous traversons l'Atlantique, nous serons amenés aux mêmes conclusions. Partout les ossements humains recueillis rappellent ceux de nos régions. Mais ces hommes vivaient-ils durant le quaternaire ? Dans ces derniers temps, le fait a été vivement contesté et, dans les deux Congrès tenus l'année dernière, l'un à Détroit par l'Association Américaine pour l'avancement des Sciences, l'autre par l'Association Britannique à Toronto, l'impression de la grande majorité des membres présents était contraire à l'authenticité des faits annoncés et des preuves apportées à leur appui (3).

Un fait semblait jusqu'ici acquis. Les silex taillés trouvés dans les sables de Trenton (New Jersey) dataient

(1) Tournier et Guillon, *Les hommes préhist. dans l'Ain*. Bourg. 1895.

(2) Est-on en présence d'une sépulture ? Le fait ne me paraît pas douteux. Il a cependant été nié avec vivacité dans plusieurs séances de la Société d'Anthropologie. D'Acy, *La grotte des Hotteaux*. BUL. SOC. ANTH 6 juin 1895. Boule, ANTHROPOLOGIE, 1895.

(3) AMERIC. ANTHROPOLOGIST, oct. 1897.

de l'époque glaciaire ou tout au moins des premiers temps qui l'avaient suivie. Des recherches plus complètes ont modifié, en Amérique tout au moins, ces premières impressions. L'absence de toute autre découverte sérieuse était un argument dont il était difficile de méconnaître la portée, et le Professeur Chamberlin a certainement répondu au sentiment des membres des Congrès que nous venons de citer, en déclarant que « l'opinion générale des anthropologistes et des géologues étrangers habitués à l'étude de l'antiquité de l'homme incontestée aujourd'hui en Europe, était qu'aucune preuve décisive n'avait été produite devant l'un et l'autre de ces Congrès, en faveur de cette antiquité en Amérique » (1).

Il nous est cependant impossible de ne pas ajouter que tel n'est pas l'avis de deux éminents savants français, MM. Gaudry et Boule. M. Boule m'écrivait le 16 décembre 1892, à la suite d'une visite au gisement de Trenton : « Ce que j'ai vu m'a confirmé dans la croyance qu'on avait dans la vallée du Delaware le pendant des alluvions quaternaires du Nord de la France. Quant au vif de la question, à savoir si le Dr Abbott a trouvé *en place*, au milieu des alluvions, les quartzites ou argillites taillés, je ne puis vous dire qu'une chose : le Dr Abbott m'a conduit, entre autres points des environs de Trenton, dans une ballastière exploitée pour les chemins de fer et où ont été trouvés, il y a un certain nombre d'années, des débris de mastodonte, de renne et, je crois, de bœuf musqué (2). Or M. Abbott m'a affirmé avoir recueilli beaucoup d'instruments dans cette même ballastière *dont les couches sont parfaitement en place, non remaniées et remontent certainement au qua-*

(1) AMERIC. JOURN. OF GEOLOGY, 1897, p. 658.— Boyd Dawkins nous dit aussi qu'il faut d'autres preuves que les pierres de Trenton pour affirmer la présence de l'homme en Amérique à l'époque paléolithique. JOURN. ANTH. INST Feb. 1894.

(2) Dans un article de l'ANTHROPOLOGIE (janv.-fév. 1893, p. 36 et s.) M. Boule signale, dans la ballastière de Trenton, le *Mastodon ohioticus*, l'*Elephas primigenius*, le *Cervus tarandus* et l'*Ovibos moschatus*.

ternaire... En résumé et jusqu'à plus ample informé, je n'ai aucune raison de douter de l'authenticité ni de l'antiquité des pierres taillées trouvées à Trenton ».

Nous dirons aussi qu'en Amérique une réaction se produit contre des assertions peut-être trop absolues, et que le Dr Abbott maintient avec énergie ses découvertes et les conséquences qu'il entend en tirer (1).

Nous ne nous arrêterons pas plus longuement sur ces controverses. Il est certain qu'aucun débris humain, datant avec quelque certitude des temps paléolithiques, n'a été découvert jusqu'ici dans l'Amérique du Nord. Les découvertes de l'Amérique du Sud sont plus suspectes encore. Je n'y puis puiser aucun argument pour la thèse que je soutiens et que je résume en deux mots : *Aucun ossement humain, quelle que soit la date qu'on lui attribue, quelle que soit la région d'où il provienne, n'appartient à une humanité différente de la nôtre.*

Il serait facile, s'il en était besoin, d'invoquer d'éminents savants. « Dans la question de l'homme, disait en 1892 Virchow au Congrès de Moscou qu'il présidait (2), nous sommes repoussés sur toute la ligne. Toutes les recherches entreprises dans le but de retrouver la continuité dans les développements progressifs ont été sans résultat ; il n'existe pas d'homme-singe. » Virchow n'avait pas été moins explicite dans un congrès de naturalistes allemands tenu deux ans auparavant.

Pour Huxley (3), les différences structurales entre l'homme et les singes les plus élevés sont considérables et significatives. Chaque os du gorille porte une empreinte qui le distingue de l'os humain correspondant, et dans la création actuelle tout au moins, aucun être intermédiaire ne comble la lacune qui sépare l'homme des simiens. Il dira plus loin que la ligne de démarcation n'est pas moins

(1) AMERIC. ARCHEOLOGIST, Febr. 1898.
(2) COMPTE RENDU, t. II, p. 225.
(3) *De la place de l'homme dans la nature*, trad. franç., p. 79.

profonde, et l'absence de formes intermédiaires n'est pas moins complète entre le gorille et l'orang ou entre l'orang et le gibbon (1). C'est la thèse que j'ai constamment soutenue. L'homme unique dans son espèce reste toujours le même ; ni les climats glacés, ni les zones torrides, ni les océans, ni les milieux si divers n'influent sur son organisation physique ; ils influent moins encore sur son organisation morale et sociale : c'est ce que nous aurons à démontrer dans la suite de ce travail.

(La fin prochainement.) Mis DE NADAILLAC.

(1) On peut consulter, sur toute la question, une bien remarquable étude du P. Dierckx insérée dans cette REVUE, *L'homme-singe et les Précurseurs d'Adam*, août 1894.

VARIÉTÉS

I

SUR LES DÉPÔTS FORMÉS A LA SURFACE DES CORPS SOLIDES

Imaginons un ensemble de corps solides placés dans une même enceinte, ou, pour nous exprimer plus familièrement, une série de meubles ornant par exemple un salon, et demandons-nous si la poussière se dépose également sur tous ; faut-il distinguer, à cet égard, deux objets de matières différentes, ou bien encore deux parties d'un même objet ?

Avant de répondre plus ou moins nettement à ces questions, nous avons à rechercher d'abord comment est constituée la partie superficielle d'un objet donné ; voici, par exemple, une bille en ivoire bien polie ; devons-nous admettre que la poussière s'y déposera comme sur une boule en acier poli ? Regardons maintenant ce foyer présentant des portions métalliques brillantes, et d'autres d'un aspect plus ou moins rugueux ; toutes ces parties se couvriront-elles d'une couche de poussière également adhérente ?

Les questions de ce genre ne peuvent être résolues que si l'on a des données suffisantes sur la constitution d'un corps solide tant à la surface qu'à l'intérieur, c'est-à-dire sur la distribution des particules constitutives des corps à la superficie comme au sein même de la masse. Comment, nous dira-t-on, du fer n'est-il pas du fer ? du cuivre n'est-il pas du cuivre, qu'on le considère à la surface ou à l'intérieur ? Le verre offre-t-il, dans les tranches les plus voisines de l'air libre, un autre arrangement moléculaire qu'en pleine matière ? En réalité, on a cru pendant longtemps qu'aucune distinction n'était nécessaire sous ce rapport ; c'était comme par une sorte de convention tacite que les chercheurs

admettaient le passage brusque des plus fortes densités, comme celles du platine, du plomb, du fer, du cuivre, à celle de l'air plus ou moins condensé. Pareille convention infligeait un démenti fâcheux au fameux adage latin : *Nullus saltus in natura*, c'est-à-dire, il n'y a point de saut brusque dans la nature.

Chose curieuse, nous-même, qui nous sommes tant occupé de la surface des liquides, nous avons regardé pendant bien longtemps la constitution des corps solides comme ne différant pas essentiellement dans l'ensemble de toutes leurs parties. N'avons-nous pas encouru ainsi le juste reproche d'avoir été trop superficiel à cet égard ? Car enfin, il y a un grand nombre de corps solides qui s'évaporent soit spontanément, soit à des températures de beaucoup inférieures à leurs points de fusion. Qui ne sait, par exemple, que la glace, le camphre, l'iode, le musc se subliment à la température ordinaire ?

Heureusement, un jour est arrivé où nous avons pu faire voir simplement que la couche superficielle d'un liquide est composée d'une suite de tranches excessivement minces où les molécules sont de plus en plus écartées entre elles à mesure qu'elles sont plus près de l'air libre ; or la démonstration tirée des propriétés essentielles des liquides, s'applique parfaitement aussi aux solides ; et qu'avons-nous à conclure de là ? Qu'il n'y a rien d'étonnant dans le renouvellement continu des couches libres de certains corps, tels que le camphre, le musc, même à la température ordinaire. Mais nous avons été en droit d'en déduire une autre conséquence, savoir que plus la surface d'un corps solide s'éloigne d'être bien polie, plus il y a de points en regard desquels existe une couche à densités décroissantes vers le dehors, et près desquels les corpuscules flottant partout et toujours dans l'air pourront s'introduire. C'est ce qui nous autorise à affirmer qu'un verre dépoli se prête à recevoir plus de poussière qu'une plaque de verre bien lisse et douée d'un grand pouvoir réflecteur.

Présentons ici une remarque assez importante : d'après ce qui précède, faut-il croire que les rayons lumineux qui tombent sur un verre dépoli ou sur la surface d'un corps rugueux quelconque ne sont pas réfléchis du tout ou bien le sont fort peu ? Assurément non, et voici une expérience bien simple et fort instructive à cet égard : plongeons une éponge très propre dans de l'eau claire et passons-la ensuite sur un tableau noir et sec ; aussitôt toutes les portions mouillées paraîtront beaucoup plus noires que les parties encore sèches ; pourquoi ? Simplement parce que les parties sèches du bois présentent une infinité de

surfaces concaves ou convexes qui diffusent la lumière dans tous les sens ; au contraire, dans les portions mouillées le liquide a rempli les innombrables cavités minuscules, et dès ce moment il n'y a plus de lumière diffusée dans tous les sens ; sur la nouvelle surface, il ne s'opère plus qu'une réflexion régulière, c'est-à-dire que le rayon réfléchi doit se trouver dans le plan d'incidence et, de plus, faire avec la normale à la surface le même angle que le rayon incident ; comme cette double condition n'est généralement pas satisfaite pour la lumière arrivant à notre œil, la partie mouillée paraîtra toute noire ; mais nos regards tombent-ils dans la direction des rayons réfléchis régulièrement, la surface, qui tout à l'heure faisait tache, sera au contraire brillante au point d'éblouir l'observateur.

Cette petite expérience nous fournit donc un élément très sûr pour juger de l'état de la surface d'un corps solide : si l'eau claire y fait tache, c'est que la couche superficielle présente une infinité de petites aspérités, comme cela a lieu pour le bois non poli, les pavés, les tuiles, la pierre de taille, etc. ; au contraire le bois poli, les glaces, le marbre poli n'offrent pas ou presque pas de taches apparentes au moment où on les mouille.

Quoi de plus facile maintenant que de prévoir sur quelles surfaces la poussière demeurera avec le plus de persistance ? Il est clair, en effet, que plus un corps est rugueux, ou bien encore plus il présente de petites ouvertures ou de fentes très étroites, mieux aussi les corpuscules de tous genres pourront s'introduire dans les tranches superficielles recouvrant toutes les cavités microscopiques, et même s'y établir plus ou moins à demeure : car pourquoi craindraient-ils d'être délogés, alors qu'ils se trouvent entourés de remparts dont les dimensions leur paraissent colossales ? Et, de fait, tout le monde sait combien il est difficile d'enlever la poussière attachée à un corps poreux tel que le bois, les étoffes de coton, de laine, les livres, etc. Aussi faut-il se résoudre à battre fortement un tapis, par exemple, si l'on veut en détacher quelques bataillons des légions de poussières qui y tiennent garnison.

Mais il y a plus ; les espaces capillaires concaves qui sont répandus à foison à la surface d'un grand nombre de corps jouissent d'une propriété que les physiciens regardent comme fort curieuse, mais qui est regrettable et même parfois funeste en ce qui concerne l'économie domestique : c'est que, dans ces espaces invisibles à l'œil nu, la vapeur d'eau contenue toujours dans l'air se condense plus aisément que sur les corps à surface

polie, plane ou convexe, pourvu qu'ils n'offrent pas une infinité de fentes microscopiques, comme c'est le cas pour l'ivoire.

A ce point de vue, on peut dire que les substances les plus hygroscopiques sont précisément celles où le microscope décèle entre leurs parties constitutives un grand nombre de canaux capillaires ou de cavités minuscules où la condensation de la vapeur d'eau doit se produire à une température plus basse que sur des surfaces planes et continues. Faut-il citer, parmi ces substances, les cordes ordinaires, les copeaux, les cheveux, les fanons de baleine, les plumes, les barbes tordues de certaines plantes, l'ivoire, la corne, les poils des animaux, la soie, les épis de blé, la baudruche, le parchemin, les étoffes de laine, de coton, etc. ? Tout le monde peut aisément vérifier le fait par lui-même ; il suffit de peser son paletot bien sec, puis de sortir pendant vingt minutes par un temps froid et brumeux, enfin de repeser le vêtement ; on sera étonné de l'augmentation de poids produite par les innombrables particules de vapeur condensées dans les mille et mille cavités et canaux microscopiques de l'étoffe. Quant à la bille d'ivoire, qui contient une infinité de fentes minuscules, on comprend qu'elle se prête beaucoup mieux à la condensation de l'humidité qu'une boule en acier poli.

Je ne sais si dans les grandes bibliothèques on a pu constater que le papier glacé se conserve mieux que le papier ordinaire : en tout cas, l'altération lente des pages des livres dépend, selon moi, non seulement de l'espèce de pâte avec laquelle le papier a été fabriqué, mais encore du plus ou moins d'irrégularité des faces libres.

Qui ne connaît les figures parfois si bizarres dessinées par le dépôt d'humidité congelée sur les carreaux de vitre de nos appartements ? D'où provient le défaut d'uniformité de ce dépôt, et par conséquent le charme particulier des figures plus ou moins fantastiques auxquelles ce défaut donne lieu ? Si je puis juger d'après les quelques expériences que j'ai faites à ce sujet, le phénomène est dû principalement à ce que certaines portions de la surface des carreaux sont couvertes de poussières de toute espèce, tandis que sur d'autres il s'en trouve fort peu ou même pas du tout ; dès lors, la vapeur se dépose le plus aisément sur les corpuscules offrant des espaces très capillaires, et les petits cristaux de glace ainsi formés provoquent nécessairement la condensation de nouvelles quantités de vapeur ; voilà comment se dessinent parfois de jolies ramifications, des fougères à structure bien délicate, mais hélas ! tellement éphémères qu'elles se déforment et s'évanouissent au moindre rayon de soleil.

Avant de citer d'autres faits, je dois ouvrir ici une parenthèse et rappeler que tout corps solide, au moment où il est mouillé, devient le siège d'un courant thermo-électrique ; si donc ce corps a un très petit volume relativement à la surface susceptible d'être mouillée, le courant thermo-électrique peut devenir assez intense pour produire des altérations dans la matière même.

Faut-il signaler, à l'appui de cette proposition, l'effet de l'humidité sur le tulle, substance qui, par sa texture en réseau, par son extrême finesse et sa grande légèreté, se prête admirablement à la condensation de la vapeur d'eau à des températures supérieures au point de rosée ? Ce tissu exposé dans un local où l'on fait rarement du feu, perd à la longue toute cohésion, et se déchire à la moindre traction ; cela résulte, je pense, de ce que, dans les espaces très capillaires du tulle, il se fait un dépôt d'humidité qui lui-même détermine un courant thermo-électrique d'autant plus efficace que la masse du tissu est plus faible en comparaison de sa superficie.

Je ne puis passer sous silence l'altération produite peu à peu dans les rideaux qui, en raison de leur texture, sont également sujets à s'imprégner d'humidité, surtout en hiver où l'air est souvent près d'être saturé de vapeur : quand les rayons solaires viennent ensuite frapper ces rideaux, les courants thermo-électriques développés acquièrent assez d'intensité pour amener une détérioration qui, souvent répétée, finit par mettre les rideaux hors de service.

Il y a huit ans, j'ai indiqué les précautions que devraient prendre les peintres pour empêcher ou tout au moins pour retarder beaucoup la destruction du tissu de leurs tableaux : j'ai avancé qu'il faudrait vernir la face postérieure de chaque toile préalablement séchée, et remplir ainsi tous les petits intervalles de la matière textile ; si l'on craint que le vernis ainsi appliqué ne modifie les teintes du tableau, il convient de recouvrir la face postérieure d'un autre tissu rendu imperméable. — Il y a des peintres qui, entendant prôner ces conseils donnés par un physicien, se sont livrés à une douce et ironique gaîté ; à leur avis, l'art n'a nul besoin de recourir à la science. Je ne vais pas entamer ici un débat avec ces artistes, car la nature se vengera sans doute en détruisant leurs œuvres deux ou trois fois plus vite que celles qui ont été préparées suivant les principes inexorables de la physique.

A ce propos, je rappellerai que les minces bandelettes entourant la tête des momies égyptiennes offrent encore de la cohé-

sion alors que les cadavres exposés à l'air sont tombés en poussière; or ces bandelettes avaient été imprégnées d'une espèce de résine que les anciens Égyptiens désignaient sous le nom de *Commi*. Un ingénieur français, M. Piron, en a déduit cette conséquence que, pour préserver pendant longtemps les tissus du règne végétal, il faut recourir à un produit végétal lui-même, de préférence à celui qu'on extrait de l'écorce de bouleau et qu'on emploie pour parfumer les cuirs de Russie ; non seulement cette substance résineuse remplit les vaisseaux capillaires, mais encore elle les recouvre à l'extérieur d'un vernis très élastique, inaltérable aux acides, insensible à l'action de l'eau de mer ou à l'attaque des microbes, et supportant de notables changements de température. En faut-il davantage pour engager tous ceux qui ont de l'intérêt à bien conserver un tissu organique quelconque, et tout spécialement les toiles peintes, à appliquer un procédé aussi excellent, et qui a fait ses preuves notamment pour la confection des bâches des chemins de fer aux Indes Néerlandaises ?

J'arrive actuellement au cas où un tissu filamenteux est en contact avec un corps susceptible lui-même de s'altérer. Bien des personnes ont constaté qu'une aiguille piquée dans une pelote formée par une étoffe bourrée de son, oppose, après des mois et des mois, une résistance assez vive quand on veut la retirer; toute la partie primitivement engagée dans la pelote présente alors de nombreuses traces de rouille, tandis que la portion librement exposée à l'action de l'air n'en offre presque pas.

Quand j'ai fait moi-même cette observation pour la première fois, je ne savais comment expliquer une différence si singulière entre les deux parties de l'aiguille, qui montrait une altération profonde là seulement où elle semblait le mieux protégée. Mais une formule de Lord Kelvin relative à la condensation si rapide de la vapeur d'eau dans des cavités très minimes, m'a donné la clef du petit mystère : en effet, la vapeur d'eau contenue dans l'air ambiant se condense dans les intervalles capillaires concaves de l'étoffe avant que le point de rosée soit atteint sur la portion lisse, brillante et convexe de l'aiguille; de cette manière l'humidité peut pénétrer à l'intérieur de la pelote, à la faveur de la multitude d'espaces minuscules entre les parties constitutives du son; c'est cette humidité qui, jointe à l'air contenu dans les interstices, provoque la formation de la rouille à la surface de la portion cachée de l'aiguille, tandis que pareille oxydation

demeure difficile, sinon impossible sur la portion libre, précisément parce que le voisinage de l'étoffe empêche l'air environnant d'être saturé de vapeur, et que d'ailleurs le point de rosée est plus bas sur une surface convexe que sur une surface plane ou concave.

Cet exemple et bien d'autres du même genre que je pourrais citer, font aisément comprendre les accidents qui surviennent avec le temps, lorsqu'on a accroché des cadres au moyen de cordelettes à des crampons de fer fixés dans un mur. Un jour arrive où chaque cordelette est fortement rongée par la rouille aux points de contact avec le fer et où, par conséquent, le cadre se détache inopinément. Rien de plus aisé que d'éviter de pareils mécomptes : il suffit, pour cela, de proscrire avec soin tout contact de la cordelette avec le métal.

Les faits que je viens de rapporter suffisent, je pense, pour faire comprendre bon nombre de phénomènes du même genre : telles sont les productions de rouille observées au bout d'un certain temps à la surface d'un clou enfoncé dans du bois, du carton, etc., ou bien sur une lame de canif recouverte en partie par du papier, ou encore sur un objet quelconque en fer ou en acier non recouvert d'une couche graisseuse et conservé dans une enveloppe de coton, de soie ou de velours. On sait depuis longtemps que les objets en acier, librement exposés à l'air, se couvrent de rouille bien moins sur les parties lisses que sur les portions ouvragées et présentant des milliers de petites cavités ; c'est que dans celles-ci pénètre toujours de l'humidité qui détermine nécessairement l'oxydation du métal.

Pour terminer, je vais rappeler encore deux faits assez bizarres mais bien faciles à constater, et qui s'expliquent très simplement dans l'ordre des idées développées dans ce travail.

En premier lieu, supposons un plafond qui ne reçoit que rarement de nouvelles couches de peinture ; qu'y voyons-nous le plus souvent? des bandes inégalement larges, alternativement blanchâtres et plus ou moins foncées. Avec un peu d'attention, nous ne tardons pas à reconnaître que les bandes blanches correspondent précisément aux solives portant le plancher supérieur et auxquelles sont fixées les lattes de plafonnage. Parmi les observateurs qui ont signalé cette particularité, quelques-uns l'attribuent à la poussière tombant plus aisément à travers le plâtras qu'à travers le bois ; d'autres invoquent les vibrations imprimées aux solives quand on marche sur le plancher supérieur, vibrations qui détachent les corpuscules adhérant à ces

dernières ; d'autres enfin avancent que l'air ascendant chargé de poussières traverse plus facilement le plâtras que le bois, dès qu'il s'établit un léger excès de pression au-dessous du plafond ; lors de ce passage, les corpuscules se trouveraient arrêtés en plus grand nombre par le plâtras qu'en regard des poutrelles.

Les deux premières appréciations paraissent inadmissibles, car le phénomène se manifeste même sur des voûtes au-dessus desquelles on ne marche jamais, du moins en de notables portions d'entre elles ; et cependant la forte courbure de ces voûtes ne les empêche pas d'offrir partout la même différence de teintes. La troisième opinion, fondée sur des faits bien constatés, peut être invoquée pour expliquer le phénomène. Mais si je ne me trompe, il faut surtout attribuer le dépôt plus prononcé de la poussière sur le plâtras aux changements de température bien plus notables dans ce dernier que dans les solives et dans la mince couche plâtrée qui les recouvre; car tout le monde sait que le bois est un fort mauvais conducteur de la chaleur. Il suit de là qu'un refroidissement de quelques degrés peut amener le point de rosée dans le plâtras non garanti, alors que les portions inférieures aux solives demeurent parfaitement sèches; mais alors les courants ascendants qui existent toujours dans l'enceinte vont abandonner les innombrables grains de poussière dans les portions humides, tandis que sur les parties sèches, ces grains ne feront que glisser et seront entraînés par les couches gazeuses qui suivent. Ce qui me paraît singulièrement confirmer cette manière de voir, c'est, d'une part, que, dans les portions intermédiaires entre les solives, on distingue souvent avec plus ou moins de netteté les positions des lattes de plafonnage, sans doute aussi à cause de la mauvaise conductibilité du bois. D'autre part, chaque fois que dans les couches horizontales il y a des solutions de continuité, celles-ci accusent aussi leur présence par des taches blanchâtres.

Le second fait sur lequel je désire encore appeler l'attention du lecteur est le suivant : quand on examine deux bouteilles contenant l'une et l'autre une même espèce de vin vieux, mais dont l'une est en verre foncé et l'autre en verre plus pâle, on peut remarquer que le dépôt du vin s'est fait sur une plus grande surface dans la bouteille à verre foncé que dans l'autre.

Je crois qu'il faut attribuer cette différence à ce que la surface intérieure de la bouteille foncée est notablement plus rugueuse que celle de la seconde bouteille ; si donc, par la pen-

sée, on découpe dans les deux bouteilles deux portions de même contour, la somme des surfaces libres des parties saillantes et rentrantes du fragment foncé sera notablement plus grande que dans le fragment plus lisse ; comme toutes ces surfaces libres sont recouvertes d'une couche superficielle de moindre densité, on voit que les particules solides du vin pourront se loger et s'accumuler bien mieux dans les nombreuses petites anfractuosités du fragment rugueux que dans les couches plus lisses de l'autre fragment.

Il paraît que sous ce rapport la pratique a déjà devancé la théorie ; en effet certains tireurs de vin, voulant procurer à leurs clients une agréable surprise, prennent la précaution de rincer les bouteilles avec une forte solution de potasse, qui attaque plus ou moins la surface intérieure et y fait naître mille rugosités ; de cette manière, il ne faut pas plus de deux ans pour qu'une bouteille remplie, après la préparation indiquée, d'un vin tout à fait ordinaire, contienne, du moins en apparence, un vin tiré depuis huit ou dix ans.

G. Van der Mensbrugghe,
Professeur à l'Université de Gand.

II

DU ROLE DES PLANTES DANS LA VIE DES ANCIENS (1)

" Les arbres, dit Pline dans son Histoire naturelle, ont adouci la nature de l'homme. Ce sont eux qui fournissent la liqueur de l'olive qui assouplit les membres, le vin qui ranime les forces ; chaque année ils produisent spontanément et en abondance les fruits savoureux qui composent le second service de nos tables... Les arbres sont employés en outre à mille usages indispensables

(1) *Les Plantes dans l'antiquité et au moyen âge. — Histoire, Usages et Symbolisme.* 1re partie : *Les Plantes dans l'Orient classique*, par Charles Joret, professeur à l'Université d'Aix. 1 vol. in-8o de xx-504 pp. Paris, Bouillon, 1897. C'est à cet ouvrage que renvoient les notes de cet article où figure seule l'indication de la page.

à la vie. Avec eux nous sillonnons les mers et nous rapprochons ainsi les pays éloignés; avec eux nous construisons nos édifices; avec le bois des arbres on fait aussi ou on a fait longtemps les statues des Dieux. „

Ce que Pline dit des arbres, on peut plus justement encore l'appliquer à l'ensemble du règne végétal. En effet, sans le monde des plantes, la vie civilisée n'aurait pas été possible, et l'on a raison d'affirmer que chaque nouvelle espèce acclimatée par l'homme ou appropriée à ses usages lui a fait faire un pas en avant dans la voie du progrès.

Montrer ce rôle si important des plantes dans l'histoire de la civilisation aux différentes époques, tel est le but que poursuit M. Charles Joret, professeur à l'Université d'Aix, dans une série d'études dont il nous donne aujourd'hui la première. " Je ne me propose pas, dit-il, d'exposer la nomenclature des plantes ou d'en étudier les caractères, c'est là l'œuvre d'un botaniste ; mon dessein est autre : je voudrais essayer de retracer l'histoire agricole, industrielle, poétique, artistique et pharmacologique des espèces végétales connues des différentes nations de l'antiquité classique et du moyen âge (1). „ Le présent volume, qui sera suivi de plusieurs autres, réalise ce programme pour les Égyptiens et les Sémites.

Les spécialistes, et à leur tête M. Maspéro, ont rendu à l'étendue et à la sûreté de l'érudition de M. Joret un hommage qui nous dispense d'insister sur la valeur de son travail. D'ailleurs l'abondance des documents consultés, leur choix judicieux, les textes originaux souvent cités, le souci d'exactitude scrupuleuse qui paraît partout nous seraient, en dehors même de ces attestations, de sûrs garants de la compétence de l'auteur. Nous userons donc avec confiance des riches matériaux accumulés dans ce premier volume, et nous présenterons au lecteur non point une analyse détaillée, qui serait nécessairement sèche et incomplète, mais quelques aperçus pris çà et là et de nature, croyons-nous, à faire saisir l'intérêt des questions traitées par M. Joret.

I

Chacun sait quelle place tenait la religion dans la vie des Égyptiens ; nous n'avons pas à étudier ici leur panthéon si nom-

(1) Préface, p. xv.

breux et si complexe ; notre tâche plus modeste sera d'indiquer quel rôle les plantes jouaient dans leurs croyances religieuses et dans leur culte.

Comme le reste de l'univers, le monde végétal était soumis aux dieux arbitres de tous les êtres. " Dieu unique, créateur des êtres, formateur des choses, dit un hymne en l'honneur d'Amon-Râ, il a créé les plantes qui nourrissent le bétail et les arbres à fruits pour les hommes. „

Entrant dans le détail, la légende attribuait l'origine de certaines plantes aux larmes tombées des yeux ou à la salive sortie de la bouche des dieux. " Lorsque Horus pleure, ses larmes donnent naissance à de suaves parfums. Les larmes tombées des yeux de Shou, le fils, et de Tefnout, la fille du Soleil, se changent en arbres qui produisent l'encens. Quand le Soleil faiblit et qu'il transpire, la salive qui de sa bouche dégoutte sur la terre fait naître autant de papyrus. La sueur de Nephthys donne de même naissance à la plante *tas*, peut-être le cinnamome. Baba (Typhon) au contraire saigne-t-il du nez, son sang se change en une plante qui devient un cèdre et produit l'essence de térébenthine (1). „

Le Nil, divinisé lui aussi sous le nom de Hâpi, n'était pas oublié dans cette énumération, et ce n'était que justice. Créateur de toutes les choses bonnes, il est célébré en outre comme " faiseur de blé et producteur d'orge „, comme celui " qui donne le fourrage des bestiaux et remplit les greniers „.

Associées aux légendes sacrées, les plantes devinrent l'emblème des divinités égyptiennes. " Le tamaris, par exemple, était l'apanage ordinaire d'Osiris ; un tamaris, qui dépassait un olivier en hauteur, ombrageait le tombeau du dieu à Philae. Parfois on regardait le palmier comme l'apanage de ce dieu. Le perséa était consacré à Hâthor. D'après Plutarque, cet arbre était aussi consacré à Isis, ainsi qu'à Osiris ; l'écrivain grec en donne pour raison singulière que son fruit ressemble au cœur et sa feuille à la langue. Le sycomore était à la fois consacré à Isis, à Nouit et à Hâthor ; cette dernière est appelée la dame du sycomore sur une inscription, et Nouit se donne à elle-même le titre de nourrice du sycomore. Arbre d'Hâthor, le sycomore était cher aux amoureux. D'après Horapollon, l'année avait pour emblème une branche de palmier, on représentait Toth mar-

(1) Pp. 258 et 259.

quant sur une palme le nombre des années de la vie humaine... (1) „ Les arbres ne furent pas seuls consacrés aux dieux ; bien d'autres plantes, et en particulier le lotus et le papyrus, jouirent du même privilège.

On alla jusqu'à diviniser les arbres, et à leur rendre les honneurs réservés aux dieux. Ce fut surtout au sycomore que s'adressèrent ces hommages. " Poussant jusqu'à la limite du désert où il prospère, comme par miracle, sur son lit de sable, et défiant par sa ramure impénétrable les rayons du soleil du midi, le sycomore revêtit aux yeux des Égyptiens un caractère divin. On se le représentait comme animé par un esprit qui se cachait en lui, mais se manifestait en certaines occasions, sortait du tronc la tête ou le corps tout entier, puis y rentrait, pour être résorbé ou *mangé* de nouveau. Sur une peinture du tombeau de Rat'eserkasenb, on voit, à la lisière d'un champ, se dresser un sycomore au pied duquel sont placées à droite de la vaisselle, à gauche une grande jarre entourée d'une tige végétale. Plus loin sont disposés trois vases environnés de tiges semblables. Devant l'arbre symbolique, un personnage fait une révérence, en levant une main à la hauteur de la bouche et baissant l'autre au niveau des genoux. C'est l'attitude de l'adoration et la représentation fidèle de ce qui se passait chaque jour dans une partie de l'Egypte. Les nomes memphitite et Létopolite en particulier renfermaient plusieurs sycomores, où les doubles de Nouit et d'Hâthor habitaient au su de tous. Le plus célèbre d'entre eux, le sycomore du sud, était " comme le corps vivant d'Hâthor sur notre terre (2). „

Dès lors on ne s'étonnera pas de voir les plantes figurer dans le culte et les cérémonies religieuses. Elles y paraissent surtout sous forme d'offrandes faites aux dieux ou aux morts. Leur nombre était vraiment incroyable. " Un document précieux, le papyrus Harris, qui contient l'énumération des dons faits par Ramsès III aux divinités de Thèbes, d'Héliopolis et de Memphis, nous montre jusqu'où pouvait aller la générosité des Pharaons à l'égard de leurs dieux... C'est par milliers que l'on compte les amphores de vin, de bière, d'huile, les boisseaux ou sacs de blé, de farine, de sésame, d'oignons, de dattes fraîches ou pressées, de grappes de raisins et d'autres fruits, d'encens et de baume, ainsi que les bouquets de lotus et de papyrus, les bouquets et

(1) Pp. 267 et 268.
(2) Pp. 262 et 263.

les couronnes de fleurs diverses et même d'épis de blé, les feuilles de palmier, les bottes de roseaux, etc... (1). „

Même prodigalité pour les morts. Les espèces de fruits rencontrées dans les tombes pharaoniques sont extrêmement variées. " On y a trouvé, outre des figues de sycomore, des grenades, des fruits ou des noyaux de nabaq, de perséa,... des raisins, des dattes, des fruits de palmier doum et de palmier argoun, des olives et même des baies de genévrier, des pommes de pin...„ (2). Les légumes, comme les fruits, prenaient place parmi les offrandes funèbres. Les oignons y figurèrent dès les temps les plus reculés, et ont toujours figuré au premier rang, le plus souvent réunis en bottes d'un nombre variable de pieds, quelquefois attachés autour d'une espèce de cerceau. Plus tard on y ajouta les concombres, les pastèques, les melons chate. Les défunts ne devaient pas se montrer difficiles sur la qualité des offrandes, si l'on en juge par quelques-uns des produits découverts dans les tombes, fruits encore verts ou de rebut, dont les vivants n'auraient certainement pas voulu pour leur usage.

Les fleurs, comme les fruits, entraient pour une large part dans les présents faits aux dieux ou aux défunts. On les leur offrait sous forme de bouquets, de guirlandes et de couronnes. Considérées comme l'emblème du mystère de la vie, comme le symbole de l'existence renouvelée qui succède à la mort, les fleurs étaient bien à leur place dans les cérémonies religieuses et funèbres. Aussi, dans les processions, voit-on les officiants porter à la main une fleur de lotus ou un faisceau de tiges de papyrus. Le sacrificateur voulait-il contempler la divinité, il tenait des fleurs à la main en pénétrant dans le sanctuaire. Aux funérailles, les enfants et les parents du défunt accompagnaient sa dépouille, des palmes à la main. Des branches de feuillage décoraient la barque dans laquelle était transportée la momie du mort.

Avec l'extension que prit peu à peu leur culture, les fleurs occupèrent dans le culte une place de plus en plus considérable, et l'on offrit des bouquets remarquables par l'éclat et la variété des couleurs. Les fleurs qui croissaient spontanément dans la vallée du Nil, celles qui étaient cultivées dans les jardins égyptiens y furent associées et mêlées avec une profusion et un art incomparables.

" Le perséa et l'olivier, le laurier, le myrte et le jasmin, le

(1) Pp. 278 et 279.
(2) P. 286.

coquelicot, la giroflée, la mauve à feuilles de figuier, l'épilobe velu, le chrysanthème, le bluet oriental, la conyse de Dioscoride, la cresse de Crète, des convolvulus, l'héliotrope de Nubie, la marjolaine, la célosie argentée, le narcisse, l'iris de Sibérie (1) „ y marièrent gracieusement leurs formes et leurs couleurs.

Même art et même variété dans la confection des guirlandes et des couronnes, dont on a retrouvé des spécimens dans les tombeaux, surtout à partir de la XVIIIe dynastie. Ces couronnes étaient l'emblème de la justification du défunt, et les végétaux les plus divers servaient à les tresser. Mais leur fabrication se faisait presque toujours de la même manière, et peut-être sera-t-on curieux de la connaître. " On coupait, dans une feuille de palmier doum, une petite bande d'environ trois millimètres de largeur, mais aussi longue que possible. On prenait ensuite une feuille de mimusops, de saule ou d'olivier que l'on pliait en deux, puis on posait dessus un pétale de nymphéa ou, suivant le cas, une fleur d'acacia, de chrysanthème, de pied d'alouette, de bluet ou de mauve ; on agrafait le tout à la bande de feuille de palmier, et on réunissait les deux bouts de celle-ci au moyen d'un bouton ou d'un nœud, orné parfois d'une fleur de lotus bleu, qui retombait sur le front de la momie (2). „ Cette esquisse nécessairement incomplète suffit pourtant à montrer que l'histoire des plantes est intimement liée au développement de la religion et du culte dans l'Égypte ancienne.

II

L'emploi que les Égyptiens ont fait des plantes dans leur vie journalière pour se nourrir et pour se vêtir n'est pas moins intéressant à étudier.

Céréales, légumes et fruits entraient pour une large part dans leur alimentation. Le pain était un de leurs mets les plus usités. La farine d'orge et de froment, ainsi que celle d'olyra et de zeia, servaient indifféremment à faire ces pains. Les peintures du tombeau de Ramsès III nous font assister aux diverses phases de leur fabrication. Elles ont été souvent reproduites et sont trop connues pour que nous y insistions. Ce qu'on sait moins peut-être, c'est que les anciens Égyptiens semblent avoir ignoré

(1) P. 290.
(2) P. 294.

l'emploi de la levure. " Pour rendre leur pain plus agréable et plus digestif, ils y mêlaient sans doute diverses plantes, en particulier une lichenée, la *Parmelia furfuracea*. On a trouvé dans la cachette de Deir-el-Bahari une corbeille remplie de ce lichen, le *sheba* ou *shibah* des Arabes, qui s'en servent aujourd'hui encore comme de levure pour faire leur pain et lui donner un goût qu'ils recherchent. La Parmelia est étrangère à l'Égypte; on l'importe des îles de l'Archipel où elle croît en abondance (1). „

Les habitants du Delta trouvaient aussi, dans les plantes aquatiques si abondantes dans cette région, de quoi subvenir à leurs besoins. Les racines de quelques-unes, les graines de quelques autres leur offraient une nourriture peu coûteuse : tels étaient le papyrus, plusieurs espèces de souchets et les diverses nymphéacées.

Cet usage du papyrus comme aliment nous est certifié par Hérodote. " Après avoir arraché les papyrus qui croissent en abondance dans les endroits marécageux, les habitants du Delta, dit-il, coupent la partie supérieure de la tige qu'ils réservent pour différents usages ; quant à la partie inférieure, ils la mangent ou la vendent. Ceux qui veulent la rendre plus délicate, la font rôtir dans un four ardent (2). „

Les diverses sortes de lotus offraient plus de ressources encore. Leurs racines se mangeaient bouillies ou grillées ; leurs graines vertes ou sèches. Des graines du lotus blanc pilées, on fabriquait une espèce de pain qu'on cuisait au feu. C'était *le pain de lis*, très recherché des gourmets et qui figure sur la table des rois de la XIXe dynastie.

L'usage qu'on faisait des légumes nous est connu et par les scènes de la vie domestique reproduites sur les tombes pharaoniques, et par les offrandes si nombreuses de légumes et de fruits que l'on voit sur les peintures des hypogées. Hérodote raconte qu'on paya la somme considérable de 1600 talents d'argent pour les radis, oignons et aulx consommés par les ouvriers de la quatrième pyramide. La Bible nous apprend aussi que les oignons, les aulx et les poireaux d'Égypte, avec les pastèques et les melons chate, étaient le sujet d'amers regrets pour les Hébreux errant dans le désert. Tous ces faits montrent quelle place les légumes avaient prise dans l'alimentation des Égyptiens. " Au premier rang venait l'oignon auquel le sol léger et

(1) P. 172.
(2) P. 173.

gras du pays convient à merveille. Il y acquérait des toutes particulières et y croissait en grande abondance. tait les oignons au marché, comme le montrent les p par bottes de cinq à six pieds. D'après Plutarque, les égyptiens s'abstenaient de l'oignon, " ce légume ne c pas, dit-il, à ceux qui font pénitence, pas plus qu'à célèbrent des fêtes, parce qu'il excite la soif et fait pleu La culture des lentilles remonte aussi très haut et le était très répandu. Il ne fit qu'augmenter avec le t l'époque gréco-romaine, Pline parle de 120 000 boiss lentilles qui servirent de lest au navire chargé de tra à Rome l'obélisque de Caligula. Les lentilles étaient pour faire une espèce de bouillie grossière qu'on offrait fois aux morts.

Les fruits avaient aussi leur place dans l'aliments Égyptiens. " Les plus anciennement connus furent les fr gènes ou demi-sauvages du sycomore (*neha*) et du *(noubsou)*; plus tard vinrent les dattes, les raisins, les l'arbre *ashdou*, du perséa, ainsi que les figues ordin. grenades; puis les pommes, les amandes; enfin les m cerises, peut-être même les poires et les noix (2). „ Au rang figurèrent les dattes, que leurs qualités nutritive: mandaient, et qui, dans les oasis et la Haute-Égypte devinrent, alors comme aujourd'hui, un des principaux des habitants. Ils les mangeaient fraîches au mome maturité, ou le plus souvent ils les conservaient pou Dans ce cas, ils les faisaient sécher à l'air libre, ou quaient des espèces de gâteaux, l'*agoueh* des Arab mangeait cuits ou qu'on servait comme dessert. Dans le Harris il est question de dattes pressées; Wilkinson gâteaux de dattes trouvés à Thèbes; il en est fait ment la liste d'offrandes de la tombe de Rekhmara. Les datte employées aussi pour la nourriture des animaux.

Les raisins, soit frais, soit séchés étaient également tr ciés des Égyptiens, et déjà dans les plus anciennes p on voit des corbeilles remplies de grappes de raisins. vaient surtout à la fabrication du vin, dont l'usage en remonte très haut et a été très répandu. Les diverses s la vendange, telle qu'on la faisait il y a près de cinq mille

(1) P. 178.
(2) P. 182.

la vallée du Nil, nous ont été conservées dans les peintures des hypogées; les différents crus nous sont connus par les écrivains grecs et latins, et si nous nous contentons de mentionner ces faits sans y insister, c'est qu'ils sont tombés dans le domaine public et sont relatés dans les histoires les plus élémentaires.

Au règne végétal on demandait encore de quoi se vêtir. " La plante textile par excellence des anciens Égyptiens était le lin, il était cultivé en grand dans la vallée du Nil. Les peintures de Kom-el-Ahmar et de Béni-Hassan nous font assister à sa récolte ainsi qu'à ses diverses transformations. On voit d'abord des ouvriers occupés à arracher cette précieuse plante et à la mettre en bottes; d'autres la portent dans des réservoirs préalablement remplis d'eau où on la rouit; on l'en retire, on la bat sur une table, avec des maillets en bois arrondis pour la désagréger. Les tiges ainsi écrasées étaient remises à des femmes qui les filaient. Les fils simplement tordus ou, quand on voulait des qualités plus fines, roulés et lissés sur une large pierre, étaient mis en pelotons ou écheveaux. On les livrait enfin aux hommes ou aux femmes qui, au nombre de un à quatre par pièce, les tissaient sur un métier à main quelquefois vertical, le plus souvent horizontal, en poussant d'ordinaire la trame non en haut, mais en bas. Dès la plus haute antiquité le tissage avait été porté en Égypte à une grande perfection. Ses toiles et ses étoffes de lin étaient renommées partout et faisaient l'objet d'un commerce considérable avec l'étranger..... Elles étaient souvent employées sans apprêt ou teinture; non moins souvent on les teignait. Le carthame fournissait toutes les nuances du rouge, depuis le rose jusqu'au rouge pourpre, l'indigo la couleur bleue. L'analyse chimique a démontré l'origine végétale de ces deux couleurs (1). "

Les Égyptiens se chaussaient de sandales faites souvent de papyrus. Ramsès III fit don de 15 110 paires de sandales de papyrus aux divinités de Memphis. Les feuilles des différents palmiers, du palmier doum *(mama)* en particulier, celles du dattier n'étaient pas moins usitées, et servaient aussi à fabriquer des nattes, des corbeilles, des cordages.

III

Chez tous les peuples les produits végétaux ont été employés dans le traitement des maladies. Les Égyptiens n'ont point fait

(1) Pp. 197 et 198.

exception à cette loi générale. Hérodote était déjà frappé du soin qu'ils prenaient de leur santé et du grand nombre de médecins " qui abondaient en tous lieux ". Nous savons d'autre part que les Grecs ont emprunté plus d'un remède à la pharmacopée égyptienne.

Ce sont surtout les papyrus médicaux, découverts et étudiés depuis un demi-siècle, qui nous initient à la médecine égyptienne et aux procédés divers qu'elle mettait en œuvre. Les deux plus importants sont le *papyrus Ebers* et le *papyrus de Berlin*. C'est au premier surtout que nous devons de connaître ce qu'était l'art de guérir dans le pays des Pharaons et ce qu'il y resta jusqu'à la conquête grecque. " Rapporté d'Égypte, pendant l'hiver 1872-73, par l'égyptologue dont il porte le nom, le papyrus Ebers nous offre le manuel le plus complet de la thérapeutique égyptienne. C'est, comme le titre l'indique, un livre de la préparation des remèdes pour toutes les parties du corps. Il fut écrit au milieu du XVIe siècle avant notre ère ; mais plusieurs des traités qui y sont résumés sont d'une date bien autrement reculée. Il peut donc être considéré, dans son ensemble, comme le manuel de thérapeutique le plus ancien et le plus complet que l'on connaisse (1). "

Grâce à ces sources d'informations, on sait que la préparation des médicaments avait été portée en Égypte à un haut degré de perfection. La classe particulière de prêtres qui en était chargée tenait ses procédés secrets; mais, par suite des indiscrétions des papyrus, nous les connaissons et nous savons combien ils étaient ingénieux. Les divers ingrédients étaient ou simplement mélangés, ou bouillis ensemble, parfois après avoir été préalablement écrasés. Le mode de cuisson lui-même était réglé avec un soin religieux, ainsi que l'espèce de bois qui devait alimenter le feu. Les remèdes étaient pris comme aujourd'hui, soit en pilules ou en poudres, soit en décoctions ou en potions, le matin, le soir ou à des heures fixes. Du vin de palmier, du miel ou de la bière douce servaient à édulcorer ceux qui avaient un goût désagréable. A l'extérieur, on faisait usage de cataplasmes, d'emplâtres, de collyres, de frictions. Enfin, en administrant les remèdes, on prononçait diverses formules magiques destinées à en augmenter l'efficacité.

Ce qui nous intéresse surtout ici, c'est la nomenclature des divers végétaux qui, par eux-mêmes ou par leurs produits, en-

(1) P. 307.

traient dans la composition des remèdes. Voici comment M. Joret répond à cette question, tout en reconnaissant qu'il y a beaucoup à faire pour la détermination et l'identification de plantes connues seulement par leurs noms hiéroglyphiques. " Les principaux produits d'origine végétale étaient les huiles de lin, de ricin, de carthame. de sésame et de noix de ben ; les liqueurs fermentées : bière, vin de raisin et de palmier ; les fruits du sycomore et du figuier commun, du dattier, du sébestier, du caroubier, du jujubier, les raisins, les pastèques, les baies du genévrier ; les graines de coriandre, d'anis, de sésame, de cumin, de lin; le blé, l'écorce du grenadier, ainsi que la gomme de l'acacia, la myrrhe et l'encens même. Les feuilles, les tiges ou les racines d'autres plantes : oignon, menthe poivrée, sauge d'Égypte, aneth, fenouil, laitue, ache, indigo, etc., servaient à faire des décoctions ou entraient dans la préparation de divers médicaments composés. D'autres plantes n'étaient pas employées comme remèdes, mais comme moyens magiques (1). „

Il serait curieux sans doute de savoir à quelles maladies s'appliquait chacun de ces remèdes, mais cette recherche nous entraînerait trop loin. Contentons-nous d'indiquer quelques recettes. " On calmait les fluxions de dents avec des dattes ramollies dans du lait. Des emplâtres de jeunes pousses de ricin, écrasées dans de l'eau, guérissaient instantanément du mal de tête, comme si on n'avait rien eu. Des frictions à l'huile de ricin étaient prescrites pour les ulcères de mauvaise nature. Un onguent fait avec des graines de *tekhou*, du miel ou du mastic et du vin servait à guérir les tumeurs des jambes. Contre les éruptions, en particulier contre *le bouton du Nil* (furoncle qui se déclare pendant la crue du fleuve), on prenait pendant quatre jours un remède composé d'un mélange de lait d'ânesse, d'*at*, d'acacia du Nil, d'indigo, de fruits de térébinthe et de miel, le tout cuit ensemble et passé au tamis. Au nombre des substances qui servaient à la confection d'un onguent, employé pour guérir les morsures, se trouvent aussi des oignons cuits avec de l'encens et la plante *nouter*. Parmi les remèdes en usage dans les affections de la langue, il y en avait un composé d'un mélange d'encens, de cumin, de miel et de graisse délayés dans de l'eau. On combattait l'éternuement ou le coryza, en mettant sur le nez un emplâtre fait de menthe poivrée et de dattes pilées (2). „ On

(1) P. 312.
(2) P. 315.

pourra voir, dans le livre de M. Joret, que l'emploi des végétaux ou de leurs produits ne tenait pas une moindre place dans le traitement des maladies d'estomac et des intestins, de celles de la vessie, des ophtalmies si fréquentes dans la vallée du Nil. On y avait même recours pour faire pousser les cheveux ou pour les empêcher de tomber, témoin le célèbre cosmétique mis sous le nom de la reine Cléopâtre.

IV

Un tiers environ du livre de M. Joret est consacré à l'étude des plantes chez les Sémites. Nous l'avons dit au début, nous ne nous proposons pas de faire ici une analyse complète et détaillée de son ouvrage qui est une véritable encyclopédie. Nous laisserons donc de côté les Sémites orientaux, c'est-à-dire les Assyriens, et, chez les Sémites occidentaux, nous ne nous occuperons que des Hébreux. L'importance du rôle religieux de ce petit peuple justifiera certainement notre choix aux yeux du lecteur. Ici la principale source d'information est la Bible, et nous avons été heureux de constater que M. Joret en parle toujours avec respect et en général avec compétence. Il y aurait bien çà et là quelques expressions fâcheuses ou inexactes à relever, mais il nous semble inutile de les discuter ici, et nous préférons exposer à sa suite quelques aperçus sur le rôle des plantes dans la vie domestique, intellectuelle et religieuse du peuple juif.

Le blé et l'orge entraient pour beaucoup dans l'alimentation des Hébreux. Réduit en farine par l'écrasement entre deux pierres, le grain servait à faire des pains plats et ronds que l'on cuisait au four. Cette farine était le plus souvent mélangée d'eau, parfois aussi d'huile. Il est fait mention de pain d'orge dans la Bible, mais il était réputé plus grossier. Le peuple se nourrissait aussi d'épeautre.

Les grains de froment et probablement d'orge servaient également d'aliment sans avoir été réduits en farine. On n'attendait pas alors leur entier développement. Les épis, coupés avant la complète maturité, étaient séchés et légèrement grillés ; après cette simple préparation, on mangeait les grains (on en apporta de pareils à David dans sa fuite), ou bien on les écrasait et on les faisait cuire avec la viande. L'orge servait aussi à la nourriture des animaux ; c'est ainsi que les chevaux de Salomon en étaient nourris.

La plupart des légumes connus des Égyptiens étaient originaires de l'Asie antérieure; par suite, ils ne purent être ignorés des habitants de la Palestine. Parmi les plus anciennement en usage, il faut mentionner les lentilles si appréciées que, pour un plat de ces légumes, Esaü consentit à vendre son droit d'aînesse. Très appréciées aussi les fèves qui figurent, avec des lentilles et des pois grillés, au nombre des aliments qu'on apporta à David obligé de fuir devant Absalon. On les mêlait souvent, ainsi que les lentilles, avec de la farine de froment, d'orge, d'épeautre et de millet, et on en fabriquait une espèce de pain.

Les dattes, chez les Hébreux comme chez nous, étaient plutôt une friandise qu'un aliment. L'Ancien Testament mentionne fréquemment les raisins, les figues et les grenades, et l'estime qu'on faisait de ces fruits. " On mangeait les figues et les raisins non seulement frais, mais encore et surtout conservés en gâteaux. Pour apaiser David réfugié dans le désert, Abigaïl lui offrit, outre cinq mesures de grains grillés, cent gâteaux de raisins et deux cents gâteaux de figues. Parmi les vivres que les habitants du voisinage apportèrent aux guerriers réunis à Hébron afin d'établir David roi sur tout Israël, figuraient, avec de la farine, des gâteaux de figues et des raisins secs (1) ."

Le raisin servait aussi à faire du vin. Les Sémites, s'ils n'en ont pas inventé la fabrication, connurent du moins le vin dès la plus haute antiquité ; témoins l'histoire (M. Joret dit à tort *la légende*) de l'ivresse de Noé après le Déluge, et l'offrande de pain et de vin faite par Melchisédech, roi de Salem, au temps d'Abraham. Très usité comme boisson, le vin est souvent recommandé comme tonifiant dans l'Ancien Testament. Bu avec sobriété, " il est la santé de l'âme et du corps, il est à l'homme comme la vie, c'est la joie du cœur et le contentement de l'esprit ", lit-on dans le livre de l'*Ecclésiastique* (2).

A côté du vin, il faut nommer l'huile, une des richesses de la Palestine. La Terre promise est représentée comme un pays où ce précieux liquide abondait. Aussi l'huile d'olive jouait-elle un rôle considérable dans les préparations alimentaires des Sémites. Après l'invasion de la Syrie par les Égyptiens, on voit les villes conquises offrir ou obligées de donner en gage de paix de l'huile et du vin aux vainqueurs. Salomon fournit 20 000 mesures d'huile aux ouvriers que le roi Hiram lui avait envoyés pour

(1) P. 405.
(2) *Ecclésiastique* XXXI, 37, 32 et 36.

couper du bois sur le Liban. Cette denrée était une de celles dont les Israélites approvisionnaient les marchés de Tyr. " L'huile occupait aussi une place considérable dans la thérapeutique des Hébreux ; on l'employait contre l'esquinancie, les douleurs intestinales et même la constipation. On s'en servait aussi, mêlée avec du vin, pour laver les plaies, comme on le voit par la parabole du bon Samaritain. L'huile la plus usitée était celle d'olive, mais on se servit aussi dans les derniers temps de celles de sésame et de ricin (1). "

Le monde des plantes a fourni, à la littérature du peuple juif et surtout à sa poésie, des allégories, des comparaisons, des images extrêmement gracieuses et de nature à frapper des populations agricoles ou pastorales. La fable des arbres, rapportée dans le livre des Juges (2), fable par laquelle Joatham voulut montrer aux habitants de Sichem la faute qu'ils avaient commise en nommant roi Abimélech, est célèbre et montre l'antiquité de ce genre de composition.

Non moins célèbres et non moins connues sont les allégories sous lesquelles les Prophètes ont dépeint les événements futurs ou caché les leçons qu'ils voulaient donner aux Juifs. Telle la vision qu'eut Jérémie de deux corbeilles pleines de figues placées devant le Temple ; telle l'allégorie où Ézéchiel représente sous la figure de deux aigles Nabuchodonosor et le roi d'Égypte, Jéchonias sous celle d'un cèdre, Sédécias sous celle d'une vigne. Osée dépeint Israël pardonné de Dieu sous ces gracieuses images : " Je serai, dit Dieu, comme la rosée pour Israël ; il fleurira comme le lis, et il poussera des racines comme le Liban. Ses rameaux s'étendront, il aura la magnificence de l'olivier et les parfums du Liban. Ils reviendront s'asseoir à son ombre, ils redonneront la vie au froment, ils fleuriront comme la vigne, ils auront la renommée du vin du Liban (3)... " Isaïe en particulier affectionne ces comparaisons tirées du règne végétal, et l'on en pourrait citer d'innombrables exemples. Nous préférons reproduire ici une page où M. Joret met fort bien en lumière ce rôle des arbres et des plantes dans la littérature hébraïque. " Pour annoncer la venue du Messie, Isaïe dit qu'un rejeton sortira de la tige de Jessé et qu'une fleur s'élèvera de ses racines. Les tentes d'Israël apparaissent à Balaam comme des aloès plantés

(1) P. 497.
(2) *Juges*, IX, 8-15.
(3) *Osée*, XIV, 6-8.

par Jéhovah, comme des cèdres sur le bord des eaux. Voulant rappeler à quel point étaient redoutables les Amorrhéens, Amos dit que leur taille égalait celle des cèdres et leur force celle des cyprès. Parlant du jour où Dieu humiliera la fierté des mortels, Jéhovah, dit Isaïe, aura son jour sur tous les cèdres du Liban, hauts et élevés, et sur tous les chênes de Basan. Ailleurs il compare ceux qui abandonnent l'Éternel à des térébinthes dépouillés de leurs feuilles... D'après les Proverbes, la femme étrangère devient à la fin amère comme l'absinthe. La hâte avec laquelle l'amandier fleurit est, dans Jérémie, le symbole de la promptitude que l'Éternel met à accomplir ses menaces. Leur prêtant du sentiment, Isaïe dit que les cyprès et les cèdres du Liban se réjouissent de la chute de Babylone. Ailleurs, montrant les montagnes et les collines qui éclatent d'allégresse au retour des exilés : " Tous les arbres de la campagne, ajoute-t-il, tressailliront de joie. Les cyprès s'élèveront à la place des broussailles et à la place des ronces croîtra le myrte (1). „

Pour l'organisation de leur culte, les Juifs ont fait au monde végétal plus d'un emprunt. Des bois divers entrèrent dans la construction de leurs édifices sacrés, du Temple notamment. " Ce furent des ouvriers phéniciens qui dirigèrent les travaux du Temple que Salomon éleva à Jéhovah, et les bois de cèdre et de cyprès, qu'on employa dans sa construction ou pour le meubler, lui furent donnés par le roi Hiram et coupés sur le Liban. Cet édifice fut couvert de poutres et de planches en bois de cèdre ; des lambris de cèdre en revêtirent les parois intérieures ; le Saint des Saints fut également fait avec ce même bois, ainsi que l'autel. Mais le sol était recouvert de planches de cyprès ; les battants des portes étaient encore faits de ce même bois... Moïse avait fait faire l'Arche d'alliance en bois d'acacia. Salomon plaça dans le Temple deux chérubins en bois d'olivier sauvage... Les balustrades du Temple et du palais de Salomon étaient faites en bois de santal rapporté d'Ophir par la flotte de Hiram. Ce bois toutefois était une rareté... (2). „

Le textile le plus précieux de l'antiquité, le lin, tenait une grande place dans la confection des vêtements sacrés. " Lorsque les lévites franchissaient les portes du sanctuaire, ils devaient être vêtus de robes de lin ; des bandelettes de lin étaient sur leurs têtes, et ils avaient des ceintures de lin autour des reins.

(1) Pp. 452 et 453.
(2) Pp. 419-421.

Le rational, l'éphod, la robe, la tunique et la tiare du grand-prêtre Aaron étaient de fin lin retors, et tissus de fils de diverses couleurs; et pour entrer dans le tabernacle, il se revêtait de vêtements de lin depuis les reins jusqu'aux cuisses... (1). „ Les draperies du tabernacle étaient aussi de lin fin.

Nous finirons en montrant le rôle des plantes dans les cérémonies mêmes du culte judaïque. " Les libations et les offrandes des produits du sol étaient une partie importante du culte juif... Les Israélites offraient à Jéhovah les prémices de tous les fruits de la terre : aromates, huiles, vin, farine, pains, etc... L'huile servait à la fois à alimenter les lampes sacrées et à la préparation des parfums destinés au culte. On l'employait aussi pour faire les pains ou arroser les gâteaux sans levain offerts en actions de grâces. Il y avait dans le tabernacle un autel particulier sur lequel on mettait sur deux rangs douze de ces pains azymes, dits pains de proposition, et faits de la farine la plus fine... Matin et soir le grand-prêtre faisait une oblation d'un dixième d'éfah de fleur de farine pétrie avec un quart de hin d'huile vierge, et un quart de hin de vin comme libation. Une offrande fréquente consistait en farine fine, sur laquelle on versait de l'huile, en y joignant de l'encens; on la portait aux prêtres qui en brûlaient la part réservée au sacrifice. On offrait encore, comme prémices, des épis grillés au feu ou des grains broyés ; on répandait de l'huile dessus avec de l'encens, puis on les remettait aux prêtres pour être brûlés (2). „ Ces diverses offrandes et libations redoublaient à l'occasion des trois grandes fêtes juives : la Pâque, la Pentecôte et la fête des Tabernacles, où les plantes et leurs produits jouaient un rôle prédominant, dans la dernière surtout, mais dont les détails sont trop connus pour que nous les rappelions ici.

Ces quelques aperçus, pris un peu au hasard, ont pu faire apprécier tout l'intérêt et aussi l'importance du livre de M. Joret. Nous souhaitons qu'il nous donne bientôt la suite de ses recherches sur le rôle des plantes dans la civilisation, et nous tâcherons de tenir les lecteurs de la Revue au courant de cette remarquable et curieuse publication à mesure qu'elle paraîtra.

D. Le Hir.

(1) P. 413.
(2) P. 479.

III

L'ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL DU 22 JANVIER 1898 OBSERVÉE A DUMRAON

Si l'éclipse de 1896 a causé d'amères déceptions aux astronomes, celle de 1898 les a amplement dédommagés. La mise en œuvre des matériaux recueillis le 22 janvier est à peine commencée ; mais leur nombre et leurs excellentes qualités permettent d'affirmer que les résultats qu'ils promettent dépasseront tout ce qu'on pouvait espérer. Les circonstances étaient d'ailleurs des plus favorables et contrastent singulièrement avec celles qui ont accompagné l'éclipse précédente. En 1896, le phénomène n'était visible que sous des latitudes élevées, dans des régions où les chances de beau temps étaient très problématiques et où le peu d'élévation du soleil au-dessus de l'horizon rendait les observations difficiles. En 1898, au contraire, la ligne de totalité traversait l'Inde dans toute sa largeur. Venant de l'Afrique, elle y pénétrait un peu au-dessous de Bombay, passait par Nagpore, puis se dirigeait vers le Népal, coupait les Himalayas à 91 milles (30 lieues) au nord-ouest de Darjeeling, pour pénétrer ensuite dans le Thibet et la Chine. L'éclipse totale étant visible de localités situées sur huit chemins de fer différents, de nombreuses expéditions pouvaient commodément s'échelonner tout le long de la ligne, de l'Océan aux Himalayas. Ajoutez à cela qu'au mois de janvier, le soleil brille dans toute sa gloire, comme il sait briller aux Indes, bien au-dessus des couches de vapeur et de poussière qui contrarient tant les observations ; on jouit d'un climat agréable et l'on a la certitude morale de ne pas voir quelques nuages importuns venir, au beau moment, frustrer les espérances les mieux fondées et rendre inutiles de longs et coûteux préparatifs. Un seul point laissait à désirer : c'était la courte durée de la totalité. Sur la côte, près de Bombay, elle n'était que d'un peu plus de deux minutes, et ce temps déjà si court se trouvait réduit d'une minute au pied des Himalayas.

La ligne centrale passant près de leurs missions, les Jésuites de Bombay et du Bengale ne voulurent pas perdre une occasion si favorable et si rare d'observer une éclipse totale de soleil.

Le R. P. Fr. Xav. Haan, S. J. (1), du Collège S. François-Xavier de Bombay, se joignit à l'expédition dirigée par le Professeur Naegamvala, du *College of Science* de Poona ; des Pères du Bengale organisèrent entre eux une expédition et se rendirent à Dumraon (Long. E. de Greenwich, 5 h. 36 m. 33.4 s. ; Lat. 25° 35′ 5″), petite ville à quelques milles de Buxar, dans le Behar. C'est de cette station, le point extrême d'une longue série de stations astronomiques commençant à Víziadrug, sur la côte de l'Océan Indien, que je m'occuperai surtout dans ce compte rendu.

I. Préparatifs, Instruments et Programme

Il y a quelques années, les Pères du Collège de Calcutta, qui comptaient parmi leurs élèves le fils du Dewan, ou premier ministre, du Raja de Dumraon, allaient passer leurs vacances dans un des bungalows situés dans la propriété de ce Raja. Or ce bungalow n'était qu'à 2 1/2 kilomètres de la ligne centrale de l'éclipse ; on songea donc tout naturellement à le choisir pour poste d'observation. Tout s'arrangea sans la moindre difficulté. Le *manager* de la propriété du Raja depuis la mort du Dewan, M. Fox, qui habite maintenant ce bungalow avec sa famille, se montra de la plus extrême obligeance et nous accorda toutes les facilités possibles pour mener à bonne fin les observations. L'excellente situation de cette localité n'échappa point non plus au Gouvernement : une petite expédition, venant de Calcutta *(Photographic Department of the Survey of India)*, s'installa au même endroit.

Voici en quelques mots la description des instruments dont nous disposions. Deux télescopes, l'un de 4 pouces d'ouverture, l'autre, un équatorial de 3 pouces, étaient destinés spécialement à prendre les contacts ; ils devaient servir aussi pour d'autres observations directes pendant toute la durée de l'éclipse.

La partie principale du programme portait sur la photographie de la couronne et de son spectre. Dans ce but, cinq appareils avaient été préparés : trois pour la photographie de la couronne, deux pour celle du spectre. Aucun de nos instruments ne possédant de mouvement d'horlogerie, on dut nécessairement limiter les temps de pose à deux ou, tout au plus, à trois secondes.

(1) Le P. Haan a publié ses observations spectroscopiques dans le Bombay Catholic Examiner, 25 janvier 1898.

Pendant la totalité, ils furent réglés dans l'ordre suivant: instantané, une demi-seconde, une seconde, deux secondes, instantané, etc.; pour le spectroscope à réseau, les expositions furent de deux et de cinq secondes. Le couvercle de chaque lentille, enlevé un peu avant la totalité, fut remplacé par un écran de carton, tenu par un assistant presque au contact de l'objectif. On évitait ainsi les secousses qu'aurait produites l'enlèvement ou le remplacement du couvercle, et l'écran suffisait amplement à empêcher la lumière de pénétrer jusqu'à la plaque. Sur un signe de l'opérateur, l'assistant levait ou baissait son écran, variant la durée de l'exposition d'après l'indication donnée. Les plaques employées furent celles de Wratten and Wainright, " instantaneous ", " ordinary " et " drop-shutter special ", surtout les dernières.

Un premier appareil, que j'appellerai A, était destiné à recueillir les détails de la couronne inférieure. Sa distance focale est de 52 pouces, et son ouverture de 1 1/2 pouce. Cet instrument avait déjà été employé pendant les éclipses annulaires de 1890, à Bhagalpur, et de 1894 à Naraingunge. Les résultats obtenus alors permettaient d'en espérer de nouveau de belles photographies. Un tube de huit pouces de diamètre, portant la lentille à l'extrémité inférieure et la plaque sensible à l'extrémité supérieure, est fixé parallèlement à l'axe de la terre. Près de l'objectif, un miroir, monté équatorialement, réfléchit, dans le tube, la lumière du soleil. L'opérateur dirige les mouvements de ce miroir de l'autre bout de l'instrument, au moyen de deux tiges, comme pour les mouvements lents d'un équatorial.

Le second instrument, que j'appellerai B, est un appareil photographique ordinaire, dont la chambre noire, comme celle du suivant, est en bois pour lui donner plus de stabilité. Sa distance focale est de 22 pouces et son ouverture de 3 pouces. Le but que l'on poursuivait dans l'emploi de cet instrument était d'obtenir les extensions de la couronne, aux dépens des détails intérieurs.

Quant au troisième appareil, un malencontreux accident le rendit inutile. Il devait compléter les résultats fournis par A et B. Son excellente lentille de Ross a 15 pouces de foyer, et 1 1/2 pouce d'ouverture. La plaque sensible est placée dans une boîte spéciale en acier, de l'invention du R. P. de Clippeleir, S. J., le Directeur de l'expédition. Au moyen d'un mouvement de rotation, on peut photographier le soleil huit fois sur la même plaque. La manœuvre est si rapide qu'on avait préparé trois

boîtes, espérant obtenir 24 photographies pendant les cent secondes que devait durer l'éclipse.

Le premier appareil spectroscopique est une combinaison d'un spectroscope à vision directe à cinq prismes, et de la lentille d'arrière d'un triplet de Dallmeyer. Le spectre mesure 3 1/2 pouces, de la raie *b* à la raie K. L'exposition se fait d'une manière très simple : une fente étroite, en regard de la plaque, permet d'obtenir, par glissement, six images différentes. Le second instrument contenait un réseau concave de Rowland de deux pouces, de six pieds de rayon, avec 14 000 stries par pouce. Deux tubes, formant un angle variable au sommet duquel se trouvait le réseau, reposaient sur un plan incliné dont l'élévation pouvait être changée à volonté. Un des tubes recevait la lumière du soleil ; à l'extrémité de l'autre était la plaque sensible. Comme le spectre avait au moins un pied de long, on le photographiait en deux fois en faisant un peu glisser l'extrémité du second tube.

Tant de photographies devant être prises en si peu de temps, il devenait nécessaire, pour ne pas trop multiplier les assistants, d'imaginer un système spécial de noter le temps exact correspondant à chaque image. Un enregistreur fut réalisé par le R. P. de Campigneulles, S. J. (1) ; en voici la description : " L'enregistreur consistait en une planche recouverte de papier, glissant entre des guides verticaux et servant de poids à un mouvement d'horlogerie. En face de cette planche, se trouvaient six crayons numérotés, montés sur ressorts, et fixés à une pièce transversale attachée aux guides. Les cinq premiers correspondaient aux cinq appareils photographiques : le *Time-keeper* pressait le crayon correspondant à l'appareil, quand un opérateur annonçait une exposition en proclamant son numéro. Un autre membre de l'expédition avait le contrôle du sixième crayon ; sa besogne consistait à proclamer le temps de dix en dix secondes, en comptant à partir du signal donné au premier contact intérieur, et à presser en même temps le crayon. Un métronome réglé avec soin lui donnait les battements de la seconde. Cet arrangement contrôlait le fonctionne-

(1) Ce Père a en préparation un livre sur l'éclipse du 22 janvier ; il paraîtra prochainement à Calcutta : *Observations taken at Dumraon during the eclipse of the 22nd january* 1898. Je prendrai souvent la liberté de recourir à son manuscrit qu'il a mis entièrement à ma disposition. Les passages entre guillemets, sans indication d'origine, sont empruntés textuellement au livre du R. P. de Campigneulles.

ment de l'instrument, en même temps qu'il remédiait aux inexactitudes résultant des variations possibles dans la vitesse de la planche. Comme l'espace entre deux points successifs correspondait toujours à dix secondes, on pouvait déduire le temps de l'exposition d'une photographie marqué par un point de hauteur semblable sur la planche, à quelques dixièmes de seconde près. Un contrepoids latéral réglait la descente de la planche. „

Les observations secondaires comprenaient : 1° La température, à l'ombre et au soleil. Les deux thermomètres employés étaient exactement semblables et d'une sensibilité très grande. D'environ 40 comparaisons faites à Calcutta en janvier, on déduisit entre leurs indications une différence de 0,05 Fahr. seulement. — 2° La pression atmosphérique. Les variations de pression étaient enregistrées au moyen d'un anéroïde, dont l'exactitude avait été auparavant vérifiée à Calcutta. — 3° Le dessin de la couronne. Deux membres de l'expédition étaient chargés de cette partie du programme. Ils avaient devant eux une feuille de carton noir, sur laquelle on avait tracé d'avance des cercles blancs, équidistants et concentriques. Le cercle intérieur représentait la lune ; la différence entre les rayons des deux cercles successifs était égale à un rayon lunaire. Environ dix minutes avant la totalité, les dessinateurs s'étaient couvert la tête d'un voile noir, afin de se rendre les yeux plus sensibles aux détails de la couronne et des protubérances. — 4° Les planètes et les étoiles, confiées à la vigilance d'un autre observateur.

Dans le jardin de Bhojpore Bungalow où nous étions installés, se trouvait aussi l'expédition envoyée par le *Survey of India*, à la requête de l'Astronome Royal d'Angleterre. M. Pope, le chef de cette mission, a récemment publié son rapport. Le seul instrument dont il disposait est un appareil photographique monté équatorialement et marchant au moyen d'un mouvement d'horlogerie. La lentille est un doublet de Dallmeyer, d'ouverture de 3 pouces et de distance focale d'environ 30 pouces. Le programme avait été fixé par le capitaine E. H. Hills, R. E., secrétaire du *Joint Permanent Eclipse Committee* de la *Royal Society* et de la *Royal Astronomical Society*. Sept photographies devaient être prises pendant la totalité, et distribuées de la manière suivante :

1,	de la	1re	à la	3me	seconde ;	exposition :	2	secondes.
2	"	9me	"	14me	"	"	5	"
3	"	20me	"	35me	"	"	15	"
4	"	41me	"	51me	"	"	10	"
5	"	56me	"	77me	"	"	20	"
6	"	83me	"	88me	"	"	5	"
7	"	94me	"	96me	"	"	2	"

Aussitôt que possible après la totalité, on devait prendre deux instantanés, à la 100me seconde et à la 106me. Les plaques devaient être développées immédiatement après l'éclipse. Pour cela, une spacieuse chambre noire, construite à Calcutta, avait été montée à Bhojpore. Le Survey avait en outre construit trois autres chambres noires, de mêmes dimensions, et les avait expédiées, chacune accompagnée d'un photographe du Département, à Viziadrug, Sahdol et Pulgaoz, où se trouvaient les expéditions dirigées respectivement par Sir Norman Lockyer, l'Astronome Royal M. Christie, et M. Stone.

Le chef du Bureau météorologique d'Allahabad était aussi venu à Dumraon. Il n'avait avec lui qu'un thermographe. La courbe obtenue sera publiée dans le rapport du Gouvernement sur la météorologie de l'éclipse. M. Eliot, le chef du *Meteorological Department*, avait donné des instructions à ses observatoires disséminés par toute l'Inde. Lui-même, à Viziadrug, fit une série complète et réussie d'observations, près du camp de Sir Norman Lockyer. Ce rapport malheureusement, comme une lettre vient de me l'apprendre, ne sera certainement pas publié avant deux ou trois mois.

M. Little, Professeur au Presidency College à Calcutta, s'était offert à fournir le temps exact au Survey Party et à observer les quatre contacts. C'est aussi à l'obligeance de ce gentleman que nous devons d'avoir été dispensés des observations ordinaires de passage pour régler notre chronomètre : un peu avant l'éclipse, l'instrument fut réglé sur le sien.

II. L'Éclipse

Le 22 janvier dans la matinée, tout le monde se trouvait à son poste. Le ciel était parfaitement pur, de cette pureté que l'on admire aux Indes pendant la saison froide ; pas le moindre petit nuage ; à peine une légère brise.

La série des observations commença avec celle du premier contact extérieur. Le tableau suivant donne, en temps de Dumraon, les instants calculés et observés des quatre contacts:

CONTACTS

	CALCUL			NOS OBSERVATIONS			DIFFÉRENCE	OBSERVATIONS DE M. LITTLE			DIFFÉRENCE
	H.	M.	S.	H.	M.	S.	S.	H.	M.	S.	S.
1er contact	0	32	55	0	32	55	0	0	32	55	0
2me "	1	58	30	1	58	24	— 6	1	58	25	— 5
3me "	2	0	10	[2	0	3	— 7]	2	0	4	— 6
4me "	3	16	48	3	16	32	—16	3	16	33	—15

Les observations du premier contact coïncident entre elles et avec le temps calculé. La première photographie du spectroscope à prismes montre que le second contact a été observé près d'une seconde trop tôt. Une correction de + 1 seconde doit, en conséquence, être faite à notre observation du second contact. Vers ce moment, on voyait clairement dans le télescope les *Baily's beads*, ou perles de Baily (1); les petits arcs qui les séparaient se transformèrent bientôt en filets d'argent excessivement fins. De crainte de perdre les photographies si importantes du commencement de la totalité, je donnai le signal convenu. Personne ne regretta cette légère erreur : nous obtînmes ainsi quelques images très intéressantes. Le troisième contact arriva, comme partout ailleurs, avant l'instant prédit. M. Little nota le temps en jetant un rapide coup d'œil sur le chronomètre, au retour soudain de la lumière. Son observation (2 h. 0 m. 4 s.) est, dit-il, un peu en retard. D'après lui, la totalité dura 99 secondes; d'après M. Pope, 98 secondes. Par interpolation, on avait déduit 99.7 secondes d'une table publiée dans le *Nautical Almanac;* des calculs complets avaient donné 100,8 secondes. Cette diver-

(1) On peut consulter sur les observations antérieures de ce phénomène : le mémoire original de Francis Baily, dans les MEM. R. A. S., 1838, t. X, et un travail de M. Lewis Swift, dans les WASHINGTON OBSERVATIONS, 1876. App. III. Halley avait déjà signalé ces points brillants en 1715, PHILOS. TRANS. t. XXIX; et Maclaurin les avait observés pendant une éclipse annulaire, PHIL. TRANS. 1737, t. XL.

gence entre la théorie et l'observation a été observée dans toutes les stations ; beaucoup d'astronomes ont ainsi manqué les photographies qu'ils se proposaient de prendre au troisième contact. Les temps observés du quatrième contact sont pratiquement les mêmes. On remarquera la progression évidente de l'erreur de calcul : d'abord nulle, elle devient et reste négative, tout en augmentant toujours. Il y a là évidemment une cause commune d'erreur, mais laquelle ?

Il n'y a pas grand'chose à noter jusqu'au commencement de la totalité. Peu après le premier contact extérieur, le vent se leva subitement, mais ce ne fut que pour quelques instants. Il en fut de même dans nombre d'autres stations. L'appareil A prit 12 photographies du progrès de la lune sur le soleil. Dans l'équatorial, il était intéressant de voir la lune envahir la région des nombreuses taches dont le soleil était couvert ce jour-là: une d'elles ne prit pas moins d'environ 80 secondes pour disparaître complètement.

Cependant les effets ordinaires de lumière augmentaient en intensité; ils ont été décrits bien souvent déjà : inutile d'y revenir. Il suffit de dire que ces effets n'ont pas été bien marqués le 22 janvier; cette éclipse sera certainement rangée parmi les moins obscures, si même elle ne constitue pas un record. On pouvait, par exemple, lire facilement les secondes d'une montre. Cet éclat relatif s'explique par le peu de durée de la totalité qui suppose presque complète l'égalité des rayons apparents du soleil et de la lune, et par la pureté de l'atmosphère qui absorbait moins de lumière que d'habitude. C'est aussi à cette pureté atmosphérique qu'on doit attribuer l'absence d'un imposant phénomène, la marche du cône d'ombre. Même en pleine mer, à deux milles de Viziadrug, où des observateurs avaient été envoyés par Sir Norman Lockyer, c'est à peine si l'on aperçut quelque chose du *sweeping of the shadow*. Toutefois, deux observations sont certaines : l'une fut faite à Nagpur par le Dr Robertson, l'autre à Buxar où un gentleman, posté sur un bâtiment élevé, vit l'ombre arriver à une distance d'environ 4 milles (7 kilomètres).

Les franges et bandes lumineuses furent observées à Dumraon par le Père chargé du spectroscope à réseau. Quelque temps avant le second contact, cet observateur, qui tournait le dos au soleil, vit, projetées sur le sol, des ombres mal définies se suivre rapidement, semblables à celles que produit le passage de légers nuages devant le soleil. Ce curieux phénomène avait été surtout observé en 1869. Avant la totalité, ces franges,

au mouvement rapide et oscillatoire, s'avancent de manière à devenir finalement tangentes au soleil au point de contact; après la totalité, elles commencent leur course au point du second contact intérieur pour aller disparaître à l'horizon du côté opposé à celui d'où elles étaient venues avant la totalité.

Les meilleurs résultats furent obtenus à Nagpur, où l'on vit parfaitement ces bandes courir sur des toiles blanches étendues sur le sol à cette intention, et à Buxar, où les franges furent observées deux minutes avant la totalité, s'avançant du WSW à l'ENE. A Viziadrug et à Jeur, des astronomes occupés à des observations spectroscopiques virent ce phénomène dans leurs instruments.

Au collège de Darjeeling, distant seulement de 69 milles (22 lieues) vers le sud-est de la limite de la zone de totalité, l'éclipse partielle promettait d'être intéressante; au moment de la plus grande phase, 969 millièmes du diamètre solaire devaient être couverts. On ne manqua pas d'y suivre avec attention la marche de l'éclipse. D'après plusieurs relations, il semblerait que, à l'instant de la plus grande phase, des effets lumineux remarquables se produisirent qui ressemblent très fort aux franges. D'après un des spectateurs, à ce moment de longs rayons brillants s'élançaient des environs des cornes du mince croissant solaire; les rayons inférieurs étaient beaucoup plus longs que les supérieurs, ils descendaient jusqu'aux montagnes qui resserrent l'horizon de tous côtés; tous les rayons avaient un fort mouvement ondulatoire. D'après d'autres, on aperçut de plus un mouvement oscillatoire très rapide, comparable à l'apparence qu'offrirait " une série de lampes électriques rapidement ouvertes et fermées ". Un écran de nuages sombres entre le soleil et l'horizon, si fréquents à toute époque de l'année dans la direction SSW, au-dessus de la chaîne de montagnes de Ghoom, favorisait beaucoup la vue de ces bandes. On vit aussi un phénomène déjà observé pendant l'éclipse de 1896 : une ligne noire divisait en deux le fin croissant dans toute sa longueur. Un intérêt spécial s'attache à ces observations, vu la distance assez considérable entre Darjeeling et la zone de totalité.

L'aspect de la couronne se rapprochait du type correspondant à la période de minimum d'activité solaire; elle avait à peu près la même forme que celles de 1868, 1886 et 1896. Malgré le peu d'obscurité pendant la totalité, c'était vraiment un spectacle magnifique que l'apparence soudaine de cette gloire lumineuse. De tous côtés, ce sont les mêmes expressions d'admiration, le

même enthousiasme en parlant de ce phénomène unique. D'abord autour de la lune, on voyait un cercle d'une clarté éblouissante, sur lequel se détachaient des protubérances et des arcs de couleur rose. La plus brillante de ces protubérances, à l'est, était très facilement visible à l'œil nu ; aux uns elle apparut blanche, à d'autres blanche à la base et rouge vif au sommet. Du même côté, un peu plus haut, on apercevait une protubérance rouge, tandis que vers l'ouest, on en distinguait trois plus petites, tout près l'une de l'autre. Ces cinq protubérances sont représentées sur le dessin reproduit dans la livraison d'avril; ce dessin de la couronne a été fait à Dumraon par le R. P. Peal, S. J. Sur nos négatifs, les protubérances sont nombreuses; mais il est évident que leur reproduction ne montrerait pas tous ces petits détails, dont quelques-uns ne peuvent être vus sans loupe. Vers la fin de la totalité, un grand nombre de protubérances se montrèrent près du point du second contact intérieur. " Il est bon de noter que les plus fortes protubérances obtenues sur les négatifs se trouvent à la base des jets incandescents de la couronne — les aigrettes *(streamers)* — ce qui semble indiquer un même lieu d'origine. "

Autour de la couronne intérieure, se détachait clairement sur le fond sombre du ciel la couronne extérieure aux contours irréguliers. Près des pôles du soleil, elle n'atteignait pas un rayon solaire; mais à 45° environ de ces pôles, vers le nord-est et surtout vers le sud-ouest, s'élançaient des jets puissants que différents observateurs à Dumraon disaient atteindre jusque deux diamètres solaires. On sait qu'aux époques de minimum des taches, la couronne est symétrique par rapport à l'axe polaire du soleil, tandis qu'aux époques de maximum, elle tend à être symétrique par rapport à l'équateur solaire. Notre dessin et nos photographies de la couronne ne correspondent exactement ni à l'un ni à l'autre type, mais l'énorme étendue des aigrettes, surtout de celle du sud-ouest, fait penser aux extensions équatoriales observées plusieurs fois à des époques de minimum des taches. Le dernier maximum ayant eu lieu en 1893, on peut s'attendre à voir le soleil passer par un minimum en 1899 ou 1900. Quant à la teinte de la couronne, elle était, à Dumraon, comme presque partout ailleurs, d'un blanc d'argent ; c'est à peine si l'on mentionne du bleu ou du mauve très pâle.

J'ai mentionné un peu plus haut des observations de franges faites à Darjeeling. Il semble aussi que l'on y ait aperçu une partie de la couronne. Le long de la convexité du croissant solaire, on remarqua des rayons beaucoup plus courts et plus

brillants que ceux dont j'ai parlé tout à l'heure à l'occasion des franges ; ils étaient entassés les uns sur les autres, formant en quelque sorte un arc continu sur le bord du soleil. Ces rayons, ainsi que quelques-uns des plus longs observés près des cornes, ne représentaient-ils pas d'une manière confuse la partie correspondante de la couronne? Leur direction répond à celle de la grande aigrette du sud-ouest et de l'aigrette inférieure du nord-est.

Un observateur, ayant eu plus tard l'occasion de voir le dessin de la couronne fait à Dumraon, remarqua que, si l'on supprimait le côté nord-ouest, la partie restante correspondrait exactement à ce que l'on voyait à Darjeeling, avec cette restriction toutefois que les rayons étaient moins clairs et moins définis. Ce phénomène dura moins de cinq minutes, avec des degrés différents d'intensité.

Parmi les planètes, il était possible de voir Vénus, Mercure et Mars, toutes trois du même côté du soleil. Vénus, étant près de sa conjonction supérieure, fut aperçue facilement, à Dumraon et ailleurs, environ dix minutes avant et après la totalité. On vit aussi, mais moins distinctement, Mars et Mercure, ainsi que Fomalhaut. La faible obscurité pendant la totalité empêcha toute autre observation. Le *Survey of India* avait préparé une centaine d'exemplaires d'une carte montrant les planètes et les principales étoiles situées autour du soleil dans un rayon d'environ 40 degrés. C'est ainsi que le Vice-Roi lui-même, qui était venu de Calcutta à Buxar, près de Dumraon, peut être compté parmi les observateurs de l'éclipse de 1898, un exemplaire de cette carte lui ayant été gracieusement offert par M. Pope, la veille de l'éclipse.

Le tableau suivant donne les observations météorologiques faites à Dumraon et à Darjeeling, le 22 janvier. Les instruments employés à Dumraon ont été décrits plus haut. Ceux de Darjeeling étaient des thermomètres de Six, beaucoup moins sensibles que ceux de Dumraon. L'exposition du thermomètre à l'abri laissait à désirer : il était attaché au côté nord d'un poteau au milieu de la cour ; la réverbération du sol a donc dû rendre la température à l'ombre plus élevée qu'elle ne l'était en réalité. Les observations sont réduites au thermomètre normal de Kew et transformées en degrés centigrades. A Dumraon, on les fit à un dixième de degré ; à Darjeeling, à un demi-degré près. Aucune correction n'a été faite aux observations barométriques.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

DUMRAON				DARJEELING		
Temps local	OMBRE	SOLEIL	BAROMÈT.	OMBRE	SOLEIL	Temps local
H. M.						H. M.
12 15	24,9	27,4	758,7	Premier contact		12 59
12 30	25,1	27,9	758,7	17	19	12 59
12 33	Premier contact			15	17 1/2	1 33
12 45	24,9	27,8	758,7	13	16	1 46
1 0	24,8	27,2	758,7	12 1/2	15	1 49
1 15	24,4	26,5	758,6	12	13	2 0
1 30	23,7	25,6	758,6	10	10	2 15
1 45	22,6	24,1	758,6	9	8	2 22
1 59	Totalité commence			Plus grande phase		2 23
2 0	20,9	21,3	758,3	8 1/2	7	2 26
2 15	20,7	21,9	757,7	8	6 1/2	2 38
2 30	21,7	20,8	757,5	7 1/2	6	2 49
2 45	22,8	25,7	757,5	8	6 1/2	2 50
3 10	23,9	27,1	757,5	7 1/2	8	3 3
3 17	Quatrième contact			8 1/2	10	3 13
3 25	24,3	27,4	757,5	9 1/2	11	3 25
3 40	24,3	26,7	758,0	10	13	3 27
4 0	24,4	27,2	758,0	Second contact		3 27
4 20	23,6	25,9	758,2			
4 45	23,5	25,1	758,2			

Ce qui frappe d'abord dans ce tableau, c'est l'uniformité de la pression atmosphérique. On pourrait peut-être attribuer à l'éclipse la légère accélération de l'oscillation diurne. Cette oscillation est si régulière aux Indes, qu'un baromètre y pourrait presque servir d'horloge. En temps normal, le minimum de l'après-midi a lieu vers 4 heures, le moment précis variant un peu avec les différentes saisons de l'année. Le 22 janvier, après être resté à peu près stationnaire jusqu'à la totalité, à 2 heures, le baromètre descendit rapidement, pour commencer à remonter vers 2 h. 1/2. L'amplitude de l'oscillation, pendant toute la durée de l'éclipse, de 12 h. 33 à 3 h. 17, n'a été que 1,2 mm.

S'il n'y avait pas eu d'éclipse, le thermomètre aurait dû monter, ou du moins rester à peu près stationnaire, jusque vers deux heures ; le 22 janvier, il commença à descendre vers une heure. Le minimum fut atteint une vingtaine de minutes après la totalité à Dumraon, et après la plus grande phase à Darjeeling. A Dumraon, on enregistra une chute de 4°,2 à l'ombre et de 7°,1 au soleil, tandis qu'à Darjeeling, la chute va jusqu'à 9°1/2 à l'ombre

et 13° au soleil. Des effets de radiation expliquent probablement comment il se fait que le thermomètre ait été parfois plus bas au soleil qu'à l'ombre, vers le milieu de l'éclipse. On remarquera aussi une autre singularité dans ces observations : A Dumraon, le thermomètre au soleil, après être descendu jusqu'à 21°,3 à deux heures, monte à 21°,9 un quart d'heure plus tard, pour redescendre ensuite à 20°,8 à 2 h. 30 et finalement remonter avec rapidité, atteignant 25°,7 à 2 h. 45. A Darjeeling, à 2 h. 50, le thermomètre à l'abri marque 8° ; dix minutes plus tôt, il marquait 7°1/2 et 13 minutes plus tard, à 3 h. 3, il tombe de nouveau à 7°1/2, avant de remonter définitivement.

Pendant une éclipse aux Indes, ce ne sont pas seulement les expéditions astronomiques qui ont rude besogne; tout Hindou, fidèle à sa religion, ou plutôt à ses superstitions, est tout entier absorbé dans l'accomplissement des observances qui doivent accompagner le mystérieux phénomène. Un certain Narrain Rai Varma, dans le TIMES OF INDIA du 24 janvier 1898, expose les idées hindoues à peu près en ces termes : Pour l'Hindou orthodoxe, une éclipse signifie que le dieu-soleil ou le dieu-lune est en train d'être avalé par le démon Rahu. Ce jour-là, il y a jeûne rigoureux : d'après une règle brahmanique, le dernier repas doit précéder l'éclipse de douze heures. Comme les ablutions à faire après l'éclipse et la cuisson des aliments prennent environ trois heures, le jeûne dure environ quinze heures. Cependant il y a des variantes dans l'application de cette règle d'après l'orthodoxie des observateurs. Cette pénitence se fait en signe de sympathie pour le dieu souffrant. Environ 24 heures avant le commencement d'une éclipse, les femmes hindoues sont activement occupées à mettre leur maison en ordre : tout est frotté et nettoyé, surtout les ustensiles et les meubles ; la raison en est que tout ce qui est malpropre devient impur aussitôt que l'éclipse commence. A partir de ce moment, on ne peut toucher aucun objet dans la maison, sinon par le fait même il devient impur. Pendant toute la durée d'une éclipse, l'Hindou orthodoxe est en habits de deuil. Pour une classe de la société seulement, cet événement est une source de bonheur : toutes les aumônes du jour sont faites aux mendiants Parias et outcasts. Aux vieux habits et aux friperies que le grand nettoyage des maisons a mis en évidence, on joint de petits vases en cuivre et du grain séché. Dès que Rahu ouvre son horrible gueule, tout prêt à avaler le dieu-soleil (en langage vulgaire, au moment du premier contact extérieur), les mendiants se mettent à parcourir

les rues en criant : " Faites-nous l'aumône, délivrez le dieu ".Les dames hindoues se tiennent au rez-de-chaussée de leur maison, leurs présents sous la main; un mendiant reçoit un vieil habit, un autre un vase, un troisième un peu de grain, etc. L'éclipse terminée, les gens, toujours en habits de deuil, vont sur le bord de la mer, d'une rivière ou d'un étang, faire leurs ablutions.

Le 22 janvier prouva bien que les Hindous sont loin d'avoir abandonné leurs antiques coutumes. A Benarès, Buxar, Calcutta, etc., il se passa le long du Gange des scènes tout à fait bizarres. Des milliers et milliers de natifs, venus de tous côtés, se baignaient dans la rivière sacrée, en priant pour qu'il ne suivît aucun mal de l'éclipse. A Dumraon, nous comptions sur quelques-uns des gens employés au Bhojpore Bungalow pour nous aider dans la photographie; mais la veille de l'éclipse, il fallut y renoncer; ces natifs étaient Hindous : le lendemain, dirent-ils, ils devaient aller se baigner. Heureusement nous pûmes obtenir des maîtres de l'école de Dumraon et nous gagnâmes au change.

L'un des endroits les plus fréquentés le jour d'une éclipse est Thanesar. D'après l'INDIAN DAILY NEWS du 15 janvier 1898, à la dernière éclipse, on y vit près de 750 000 personnes. Voici, dit ce journal, la tradition sur laquelle repose cette sorte de pèlerinage : " La divinité Saraswati, fuyant les embrassements d'un dieu, plongea sous terre et reparut à la surface près de Thanesar; quelques étangs marquent la place de sa sortie du sol. Dès que l'obscurité commence, les pèlerins se dépouillent de tout vêtement, et s'élancent dans les étangs, tout en offrant des prières ". Cette année, le nombre des pèlerins fut estimé de 15 à 20 lacks (1 lack = 100 000).

A l'anxiété produite par le danger où se trouve le soleil d'être dévoré par Rahu, vient s'ajouter une autre cause d'angoisse : les natifs ignorants étant à la merci d'imposteurs et d'astrologues, ceux-ci ont beau jeu et ne manquent pas de déduire de leurs profondes méditations sur les éclipses toutes sortes de calamités en guise de corollaires. Entre autres malheurs, à Mooltan, on prédit un terrible tremblement de terre pour la fin de janvier, " entre le 29 et le 31, ces deux jours inclus "; pendant la saison chaude de cette année, la mortalité du sexe masculin devait être beaucoup plus forte que pour l'autre sexe. A Delhi, il allait y avoir un cyclone après l'éclipse, etc. Toutes ces sottes prédictions ne sont pas inoffensives; elles ont eu cette année d'importantes conséquences pratiques. Ainsi, à Bombay, à Kurrachi et ailleurs dans l'Ouest de l'Inde, le commerce fut complètement désorganisé pendant plusieurs jours.

III. Photographies et conclusions théoriques

Des résultats satisfaisants ont été obtenus à Dumraon. M. Pope put remplir son programme à peu près comme il se l'était proposé. Déçu par l'absence du cône d'ombre, il donna le signal de la première exposition trois secondes après le commencement de la totalité. Pour le reste, tout marcha à merveille. La première photographie ne fut exposée qu'une seconde au lieu de deux, " une erreur que je n'ai pas raison de regretter, dit M. Pope, car les protubérances rouges dans la chromosphère sont plus marquées sur ce négatif que sur n'importe quel autre. „ Le soleil ayant reparu à la 98me seconde, la septième photographie fut perdue. Les deux instantanés du programme, à prendre après la totalité, ne donnèrent aucun résultat.

M. Pope écrit vers la fin de son rapport : " Avec l'expérience acquise, je suis porté à croire qu'une série d'expositions beaucoup plus courtes aurait donné de meilleurs résultats. Ma première plaque (1 seconde) indique simplement la position des protubérances sans les montrer en grand détail, comme elle l'aurait probablement fait si l'exposition avait été beaucoup plus courte ou la plaque moins rapide. Sur la seconde plaque (5 secondes), l'extension des aigrettes est aussi grande que sur celles qui reçurent 10, 15 et 20 secondes, et leur définition est meilleure. Si je devais donc encore photographier la couronne dans des conditions atmosphériques semblables, je serais porté à employer des plaques lentes pour les deux premières et les deux dernières expositions, et à les faire aussi vite que le comporte une exposition à la main. Au milieu de la totalité, les expositions pourraient se faire sur des plaques plus rapides, sans dépasser cinq secondes. „

On aurait toutefois grandement tort de conclure que cette expédition n'a pas réussi. La photographie de cinq secondes dont il est parlé dans cet extrait est reproduite dans le rapport, et elle égale, si même elle ne surpasse pas, beaucoup de couronnes publiées dans des livres. M. Pope ne décrit ni ne discute ses photographies. Les clichés ont été envoyés en Angleterre ; c'est là que l'Astronome Royal les étudiera avec celles qui ont été obtenues ailleurs par les expéditions organisées sous sa direction.

Le tableau suivant donne les indications relatives aux photographies prises dans chacun de nos appareils pendant la totalité. Les expositions instantanées ne le sont que relativement : elles furent toutes faites à la main.

PHOTOGRAPHIES PENDANT LA TOTALITÉ

APPAREIL A			APPAREIL B			SPECTROSCOPE A PRISMES			SPECTROSCOPE A RÉSEAU		
Nos	Commencement de l'exposition	DURÉE	Nos	Commencement de l'exposition	DURÉE	Nos	Commencement de l'exposition	DURÉE	Nos	Commencement de l'exposition	DURÉE
1	0	2 sec.	1	1re s.	instant.	1	—1	instant.	1	0	2 sec.
2	10e s.	instant.	2	4	demi-sec.	2	+2	demi-sec.	2	5e s.	"
3	13	demi-sec.	3	16	1 seconde	3	5	1 seconde	3	13	"
4	24	1 seconde	4	19	2 sec.	4	8	2 sec.	4	17	"
5	28	2 sec.	5	27	instant.	5	12	instant.	5	37	"
6	39	instant.	6	30	demi-sec.	6	15	demi-sec.	6	41	"
7	42	demi-sec.	7	45	1 seconde		28	1 seconde	7	52	"
8	54	1 seconde	8	48	2 sec.	8	31	2 sec.	8	66	"
9	58	2 sec.	9	57	instant.	9	35	instant.	9	73	5 sec.
10	68	instant.	10	60	demi-sec.	10	37	demi-sec.	10	78	2 sec.
11	71	demi-sec.	11	70	1 seconde	11	40	1 seconde	11	81	"
12	83	1 seconde	12	73	2 sec.	12	43	2 sec.	12	85	"
13	87	2 sec.	13	82	instant.	13	54	instant.	13	96	"
14	96	instant.	14	85	demi-sec.	14	57	demi-sec.			
						15	60	1 seconde			
						16	64	2 sec.			
						17	67	instant.			
						18	70	demi-sec.			
						19	85	1 seconde			
						20	88	2 sec.			
						21	93	instant.			

Un peu avant le premier contact intérieur, l'appareil A prit rapidement 3 photographies ; on n'y voit qu'un mince croissant solaire, sans particularités remarquables. Presque aussitôt après la fin de la totalité, on fit 6 expositions dans l'appareil B ; 3 dans chacun des autres. Sur les 3 négatifs de A, pris 10, 19 et 23 secondes après le retour du soleil, et exposés respectivement pendant 1/2, 1 et 2 secondes, on distingue encore facilement la lune et les protubérances. Des 6 négatifs de B, les deux premiers sont très intéressants ; ils seront décrits plus loin ; les quatre autres, ainsi que ceux des spectroscopes, ne contiennent rien de spécial. Des 20 photographies prises à intervalles à peu près égaux avant et après la totalité, 18 ont bien réussi et montrent clairement les différentes phases du phénomène. On y voit distinctement les beaux groupes de taches qui ornaient le soleil le jour de l'éclipse.

Parmi les 14 photographies de l'appareil A, nous en décrirons quatre des plus intéressantes. On se rappellera que le but que l'on avait en vue était d'enregistrer les protubérances et les détails de la couronne intérieure. Des 14 négatifs de l'appareil B, nous en choisirons quatre également, et nous dirons un mot des photographies de la couronne et des *Baily's beads*, prises après la totalité. Ici il s'agissait d'obtenir la couronne extérieure et les aigrettes *(streamers)*; on verra que, malgré les courtes expositions auxquelles on était restreint, ce but a été entièrement atteint. Sur certains négatifs, on voit des aigrettes d'au moins deux diamètres solaires. Il convient de noter que beaucoup de détails, extrêmement délicats, sont visibles seulement à la loupe et sur les négatifs.

Première colonne du tableau, n° 1. — On y voit facilement, à l'est, la grande protubérance blanche et les trois plus brillantes, vers l'ouest. De ces trois protubérances, " celle du milieu est un peu plus élevée que les autres et présente une forme singulière. Cette forme est celle d'un T, ou plutôt d'un τ, et a deux parties. La première monte de la chromosphère avec une faible courbure vers la droite ; la seconde, représentée par la barre horizontale du τ, ne touche pas la première, mais reste suspendue à une faible distance, comme un nuage brillant. Près de ces trois protubérances, sur le négatif la loupe permet d'en apercevoir plusieurs autres plus petites. Avançant vers le nord à partir de la grande protubérance, on voit presque toute la partie supérieure du disque entourée d'un croissant brillant, partout très étroit et aux cornes très effilées. Ce croissant représente l'arc rougeâtre de chromosphère encore visible. Sur le bord extérieur on peut déjà apercevoir les deux plus remarquables des nombreuses protubérances qui s'y trouvent. L'une d'elles, pas encore très brillante, se projette à un peu plus de 30° de la grande ; l'autre, plus étendue, est près du sommet, un peu à gauche, juste à l'intérieur d'un curieux cercle brillant cintré sur le bord même de la lune. A l'intérieur de ce cercle, il y a une foule de protubérances métalliques que l'intensité de la lumière ne nous permet pas d'apercevoir ici, mais dont la présence est clairement prouvée par les observations spectroscopiques. Une des plus grandes, une excroissance rouge, qui plus tard devint visible à l'œil nu, est à 60° environ au-dessus de la grande protubérance. Quant à l'explication du cercle brillant dont nous venons de parler, voici ce qu'on peut conjecturer : la totalité ayant commencé pendant l'exposition de cette plaque, " la partie centrale du cercle répond

au dernier petit point de photosphère resté visible et à la portion adjacente de chromosphère surchargée de brillantes vapeurs métalliques. Les cercles et les rayons divergents sont probablement dus à un phénomène de diffusion et de diffraction „.

Première colonne, n° 2. — Le croissant de chromosphère a diminué, mais les protubérances sont mieux visibles et en plus grand nombre. " Un point brillant commence à apparaître au bas du disque. On peut déjà voir quelque chose de la couronne, surtout aux pôles. Sa constitution rayonnante devient perceptible, ainsi que la divergence marquée des rayons des deux pôles, comme s'il y avait des centres de répulsion en ces points. Il est aussi possible d'apercevoir quelques fentes sombres *(rifts)*, mais pas encore bien distinctement : une près du pôle nord mal définie, et plusieurs près du pôle sud. La position occupée par les cinq aigrettes principales *(streamers)* est aussi clairement indiquée par des extensions coronales. „

Première colonne, n° 7. — Les protubérances n'apparaissent plus que comme échancrures sur le disque lunaire ; ces échancrures " sont produites par diffraction et continuation d'action chimique „. Par contre, " les fentes sombres *(rifts)* sont mieux marquées, surtout près du pôle sud, bien qu'il n'y en ait pas qui atteignent le disque lunaire „. On commence aussi à distinguer les deux aigrettes perpendiculaires aux grandes du sud-ouest et du nord-est. " Le trait le plus caractéristique de cette image est la grande clarté avec laquelle apparaît la structure rayonnante de la couronne, surtout près du pôle sud, et des aigrettes de l'ouest et du sud-ouest. Une autre particularité intéressante de la couronne, dont l'existence est prouvée par cette photographie, est la manière persistante avec laquelle ces rayons sont courbés et inclinés vers les aigrettes sur les côtés, tandis qu'au milieu ils sont presque droits et dans la direction vers laquelle les aigrettes s'élancent. „

Première colonne, n° 5. — Cette image montre que cette structure de la couronne existe aussi dans les parties les plus éloignées du soleil. De fait, la courbure des rayons vers les aigrettes y est plus caractérisée, surtout près de celles du nord-est et de l'ouest.

Les quatre photographies suivantes, de l'appareil B, " semblent indiquer que le pouvoir actinique des aigrettes diminue plus rapidement que celui de la couronne proprement dite, avec la distance du disque solaire. Sur les négatifs exposés pendant deux secondes, on aperçoit des extensions de la couronne qui, à l'œil

nu, semblaient certainement moins brillantes que des portions des aigrettes qui n'ont pas laissé de trace sur les négatifs „.

Quatrième colonne, n° 1. — L'intérêt de cette image se trouve surtout dans ce cercle brillant dont il a été parlé tantôt ; elle fut prise presque immédiatement après le numéro 1 de la première colonne. On n'y voit pas, il est vrai, les détails de la couronne intérieure (ce qui n'était pas le but de B), mais on distingue déjà clairement les aigrettes, surtout l'extension remarquable du sud-ouest.

Quatrième colonne, n°s 8 et 10. — Ces deux photographies confirment la remarque faite plus haut sur la différence entre le pouvoir actinique des aigrettes et celui de la couronne. Sur la première, prise sur un " instantaneous „, la couronne est considérablement développée, mais les aigrettes ont à peine changé. Sur la seconde, prise sur un "drop-shutter special „, la couronne est presque aussi étendue que les aigrettes, excepté toutefois la grande du sud-ouest.

Quatrième colonne, n° 12. — Cette image montre les aigrettes plus clairement, tandis que la couronne est plus faible. On y voit aussi celle de l'ouest, la moins marquée des cinq visibles à Dumraon.

La photographie de la couronne prise 10 secondes *après la fin de la totalité*, avec une exposition d'une seconde, la montre encore très étendue. Cette extension prouve une fois de plus le pouvoir actinique considérable de la couronne. Le Dr Copeland, à Ghoglee, obtint aussi un négatif de la couronne précisément 10 secondes après la totalité ; il est reproduit dans le GRAPHIC du 19 février et est semblable au nôtre.

Une autre photographie, prise 3 secondes après la précédente et exposée pendant deux secondes, montre les perles de Baily *(Baily's beads)*. Sur la plaque, on peut en compter une douzaine à la loupe. Le croissant solaire est brûlé ; sa largeur trop considérable est due à des effets combinés de diffraction et d'action chimique continue.

Le premier spectroscope a donné de bons résultats. Les négatifs obtenus dans le second sont moins satisfaisants : le spectre peu intense produit par le réseau n'a pu que faiblement affecter les plaques pendant les très courtes expositions auxquelles on était réduit en l'absence de mouvement d'horlogerie. " Le principal intérêt de ces photographies se trouve dans la confirmation qu'elles fournissent des conclusions déduites des spectres de l'autre instrument, quant à la grande protubérance; de plus, elles

montrent la présence du fer et du calcium dans la chaîne des protubérances diamétralement opposées à celle-ci, et aussi dans celles qui apparurent, sur le bord sud-ouest, pendant la seconde moitié de la totalité. „

Sur les négatifs du premier instrument, le spectre s'étend des environs de *b* jusqu'à une région comprise entre 3900 et 3800, au delà de K. On y distingue six arcs brillants, entre lesquels sont accumulés une multitude d'autres arcs moindres et d'éclat différent. Près de la corne la plus effilée des grands arcs, apparaissent des points blancs, de forme plus ou moins triangulaire et d'intensité diverse ; ces points subsistent encore sur les photographies sur lesquelles le progrès de la lune a réduit les arcs à de simples filets de lumière.

Septième colonne, n° 1. — Cette image fut prise une fraction de seconde avant l'instant exact du commencement de la totalité. On y distingue *quatre spectres superposés :* un spectre linéaire, continu et brillant ; un autre spectre continu, mais plus faible et plus large, surtout aux extrémités et apparemment formé de spectres linéaires juxtaposés ; un spectre discontinu, formé d'arcs de longueur et d'éclat différents ; enfin un spectre semblable au précédent, dans lequel les arcs sont remplacés par des points.

Septième colonne, n° 2. — Sur cette photographie, " on ne voit plus le premier spectre, ni un grand nombre des arcs les plus petits et les plus faibles ; mais précisément pour cette raison, ceux qui restent et les points qui les accompagnent ressortent plus clairement „.

Septième colonne, n° 11. — " Cette image représente ce qui reste du second spectre continu 40 secondes après le premier contact intérieur, quand la plupart des protubérances, marquées sur les images précédentes, ont été éclipsées. „

D'où viennent les quatre spectres enregistrés au même instant sur la même plaque ? Le premier s'explique facilement : c'est celui d'un point de la photosphère, non encore caché par la lune, juste avant la totalité.

Le second est extra-chromosphérique, car on y voit projetées les lignes des protubérances, et il reste visible quand la chromosphère a complètement disparu. Bien qu'il y ait une connexion évidente entre ces spectres linéaires et les protubérances, la position de chacune d'elles répondant exactement à chacun de ces spectres, ils ne peuvent pas être ceux de particules solides et incandescentes, projetées avec les masses gazeuses, car ils

persistent après la disparition des protubérances. Ce second spectre ne peut donc être que celui des parties plus brillantes du cercle de la couronne adjacent à la chromosphère. M. Deslandres attribue une origine électrique à l'atmosphère solaire ; il admet (1) " comme M. Huggins, que le gaz dans la couronne n'est pas continu, mais est concentré autour des particules et leur forme une sorte d'atmosphère. Ce sont ces petites particules qui sont illuminées électriquement (p. 65), comme le montre le spectre de la couronne. Comme la chromosphère est une vaste étincelle électrique, les petites atmosphères sont illuminées par induction, comme dans l'expérience classique des tubes de Geissler (p. 70). Les protubérances correspondent à nos orages électriques,... le phénomène principal n'est pas la protubérance, mais l'écoulement continu d'électricité dans le sens vertical sur toute la surface du soleil „ (p. 68). Appliquons ces principes à notre second spectre : dans les environs des protubérances, la lumière de la couronne, illuminée par induction, est intensifiée ; un instrument, comme celui dont on se servit à Dumraon, bien qu'incapable de reproduire le spectre ordinaire de la couronne, suffit pour enregistrer celui des parties les plus brillantes. Cette conclusion est confirmée par l'examen des négatifs suivants qui montrent une relation constante entre les variations dans l'intensité de ces spectres linéaires et le temps écoulé depuis la disparition des protubérances correspondantes.

Le troisième spectre est formé par les arcs des vapeurs chromosphériques incandescentes, arcs qui remplacent pendant une éclipse, dans un spectroscope sans fente, les lignes ordinaires du spectre de ces vapeurs. Des six arcs les plus longs, 1, 2 et 5 appartiennent au calcium : K, H de Fraunhofer et la ligne bleue caractéristique de cette substance ; 3, 4 et 6 sont des lignes de l'hydrogène : $H\delta$, $H\gamma$ et $H\beta$. Voilà les conclusions tirées de l'étude de ces lignes : " Les conditions dans lesquelles ces trois lignes du calcium deviennent brillantes, existaient seulement dans les régions supérieures de la chromosphère au moment de l'éclipse. L'hydrogène se trouve dans toute la portion visible de la chromosphère, bien que sa température dans les couches inférieures soit plus basse que dans les supérieures. L'origine électrique des protubérances se trouve confirmée par la présence dans leur spectre de ces radiations caractéristiques de

(1) *Observations de l'Éclipse totale du Soleil du 16 avril 1893, au Sénégal.*

l'hydrogène que personne n'a pu encore obtenir sans une action électrique. „ Outre ces six arcs, on en peut compter facilement sur le négatif environ 250 autres moins brillants et plus petits ; il y en a parmi eux qui semblent dus à deux ou trois arcs partiellement superposés. On reconnaît ainsi la présence, dans les couches inférieures de la chromosphère, du calcium, du fer, du titane, et apparemment du manganèse et de quelques autres substances. Dans d'autres stations, des instruments plus délicats et plus puissants ont permis de pousser plus loin les observations spectroscopiques. Ainsi, à Viziadrug, M. Pedler, professeur au Presidency College à Calcutta, a vu quelques lignes du fer même dans les régions inférieures de la couronne.

Reste le quatrième spectre, celui des protubérances. La grande protubérance qui, à l'œil nu, apparut blanche à la base et rouge vif au sommet, est représentée par des points brillants près de l'extrémité la plus fine de chacun des grands arcs. On y voit l'hydrogène des protubérances rouges sous la forme de points près des arcs d'hydrogène ; la lumière blanche et éblouissante est indiquée par des points fortement marqués près des lignes K, H, et de l'arc bleu du calcium. Aux environs du point de premier contact intérieur, se trouvait toute une chaîne de protubérances ; elles sont indiquées par les points brillants visibles dans la plupart des arcs métalliques du troisième spectre ; elles contenaient donc de l'hydrogène, du calcium, du fer, du titane, etc. De l'autre côté du disque solaire, une protubérance, dont le spectre est fort semblable à celui des protubérances du premier contact, fit son apparition vers la fin de l'éclipse, mais malheureusement les spectres pris alors sont beaucoup moins clairs que les premiers.

Cinq ans se sont écoulés depuis le dernier maximum d'activité solaire, et cependant le nombre des taches est encore considérable ; il n'est pas même rare d'observer de beaux groupes d'une étendue assez notable; le jour même de l'éclipse, il y en avait toute une série. Comment expliquer cette anomalie apparente ? La périodicité des taches et de l'activité solaire subirait-elle un changement ? Les lignes du fer, photographiées à Dumraon, aident à résoudre la difficulté. Quand la température augmente, ces lignes changent : certaines d'entre elles disparaissent, d'autres s'intensifient; l'absence des premières et la présence des secondes seules indiquent une haute température. Or sur nos négatifs, " on voit le triplet des lignes de la première espèce entre 4045 et 4071,

tandis que le quartet vers 4482, composé de lignes susceptibles d'intensification, est à peine perceptible et son identification est douteuse „. Les photographies prises pendant les éclipses de 1893, et surtout de 1882, années de maximum, donnaient précisément des résultats opposés. De la présence anormale de taches on ne peut donc pas conclure à une température et à une activité également anormales. D'ailleurs, la forme actuelle des taches et leur position près de l'équateur solaire ne ressemblent nullement à celles qui correspondent à une période de maximum. On doit plutôt considérer ces manifestations comme des bouleversements locaux et sporadiques ; tout au plus pourra-t-il en résulter un retard dans l'arrivée du prochain minimum.

Darjeeling, mai 1898.

H. Josson, S. J.

---

doctrine homogène dont toutes les parties se tiennent par un lien logique, tel est le programme que s'est posé M. Darboux et qu'il a su réaliser avec la supériorité de vue, la sûreté de méthode et, surtout, l'incomparable clarté qui se retrouvent dans toutes ses publications. On peut dire, sans exagération, qu'en mettant au point pour un exposé didactique les recherches des autres, il les fait véritablement siennes et que son livre, jusque dans les moindres détails, porte sa marque personnelle.

La détermination simultanée de trois familles de surfaces formant un système orthogonal se ramène à trois équations aux dérivées partielles du premier ordre, non intégrables, nous l'avons dit, dans le cas général, mais dont la solution dépend, comme permet de le faire voir un théorème de Cauchy, de trois fonctions arbitraires de deux variables.

Il est très remarquable, ainsi que Bonnet l'avait reconnu dès 1862 et que M. Darboux lui-même l'a établi d'une façon toute différente et plus complète dans sa thèse de doctorat, que l'on peut substituer à cette intégration d'un système de trois équations aux dérivées partielles du premier ordre, celle d'une équation du troisième à laquelle doit satisfaire le paramètre d'une quelconque des trois familles du système, et que Cayley a développée pour la première fois. On est ainsi à même de reconnaître qu'une famille quelconque de surfaces n'est pas susceptible de faire partie d'un système orthogonal. Lorsqu'il en est ainsi, M. Darboux propose que cette famille de surfaces soit dite *de Lamé*, pour rappeler les immortels travaux du grand géomètre dans cette partie de la science.

La transformation analytique qui conduit à l'équation du troisième ordre, donne, chemin faisant, le théorème de Dupin.

Après ces généralités, la première catégorie spéciale de systèmes orthogonaux envisagée par l'auteur, est constituée par ceux qui comprennent une famille de plans ou une famille de sphères, d'ailleurs quelconque.

Pour les premiers, M. Darboux, après un examen géométrique de la question, montre, par une analyse élégante, qu'elle se résout complètement au moyen de trois quadratures. Pour les seconds, une notion féconde, celle des familles *similaires*, permet de réduire le problème au cas où toutes les sphères passent par un même point et, par suite, grâce à une inversion faite de ce point comme pôle, au problème précédent. Mais l'auteur ne se borne pas à cela ; il montre encore comment, pour une famille de sphères donnée, on peut effectivement déterminer le système, et

transporte ensuite ces résultats dans un espace à un nombre quelconque de dimensions, et cela sans aucun signe d'intégration et sans introduire des imaginaires comme l'avait fait O. Bonnet.

Avant de poursuivre l'étude générale de l'équation du troisième ordre qui domine cette théorie, M. Darboux envisage encore certaines de ses solutions particulières qui conduisent à de curieuses conséquences, notamment à un mode remarquable de génération d'une famille de Lamé comprenant une surface quelconque, qui est dû à Ribaucour et qui conduit à une méthode de transformation des surfaces avec conservation des lignes de courbure. Ce mode de génération donne naissance en particulier à des systèmes triples orthogonaux exclusivement formés de cyclides de Dupin, dont M. William Roberts avait fait connaître un cas spécial très intéressant, que l'auteur traite par la pure géométrie.

A propos de cette transformation, et en vue d'éclairer la suite de la discussion, M. Darboux est amené à déterminer, d'après M. Lie, toutes les transformations de contact qui conservent les lignes de courbure, pour revenir ensuite à l'étude des solutions particulières de l'équation du troisième ordre envisagées dans ce chapitre et faire voir quelle est la propriété caractéristique du type de famille de Lamé correspondant le plus général.

Cet examen détaillé d'applications particulières ayant préparé les voies à une étude plus approfondie du cas général, M. Darboux reprend l'équation du troisième ordre fondamentale pour indiquer les formes diverses qu'on peut lui faire revêtir. Le premier résultat capital qui se rencontre dans cette étude est encore dû à Ribaucour. Après l'avoir établi géométriquement, l'auteur en développe plusieurs curieuses conséquences. Il fait connaître ensuite la transformation remarquable de l'équation du troisième ordre, due à M. Maurice Lévy, et l'applique à la détermination des surfaces invariables de forme qui peuvent, en se déplaçant, engendrer une famille de Lamé. M. Petot a, d'ailleurs, donné au caractère géométrique de ces surfaces une forme d'une grande élégance.

M. Darboux indique enfin la manière de former l'équation quand la famille est déterminée par une équation implicite, pour en déduire, dans le chapitre suivant, la recherche des familles de Lamé formées avec des quadriques. Après avoir établi la relation différentielle, due à M. Maurice Lévy, entre les axes des quadriques à centre unique qui font partie d'une même famille de Lamé, il reproduit l'interprétation géométrique qu'en a don-

née cet auteur et s'étend sur un cas particulier fort intéressant mis en relief par M. G. Humbert, celui où l'une des lignes ombilicales se réduit à une droite.

L'auteur reprend ensuite le problème général des familles de quadriques par une méthode qui lui est propre, très différente de celle de M. Maurice Lévy.

La remarque que les plans principaux de toutes les quadriques de la famille coïncident, le conduit à faire voir que cette propriété subsiste pour les familles composées de surfaces à plans de symétrie les plus générales. Il examine enfin une autre question d'ordre assez étendu qui, par son objet, se rattache à la matière du chapitre; il s'agit des familles de surfaces telles que la somme ou la différence des distances de leurs points à deux surfaces fixes soit constante; ici encore se présentent nombre de résultats élégants, et notamment la détermination géométrique des lignes de courbure de la surface lieu des points pour lesquels la somme ou la différence des distances à deux droites concourantes et rectangulaires est constante.

L'extension des méthodes précédentes au cas de n variables, fort importante au point de vue analytique, est largement développée dans un chapitre qui termine le Livre I.

Le Livre II est consacré aux coordonnées curvilignes, ce puissant levier que le génie de Lamé a mis aux mains des physiciens mathématiciens et dont la notion se rattache étroitement à celle des systèmes orthogonaux. Afin de donner, dès le début, à son analyse toute la portée dont elle est susceptible, M. Darboux la développe d'abord dans le cas de n variables, établissant toutes les relations fondamentales qui dominent le sujet, non sans en signaler chemin faisant quelques belles applications, notamment à la recherche des surfaces de l'espace à n dimensions dont les lignes de courbure sont coordonnées.

Dans le cas de l'espace ordinaire, s'offre une méthode, à la fois élégante et féconde, fondée sur la considération d'un trièdre mobile dépendant de trois paramètres. On sait quel heureux usage M. Darboux, à l'exemple de Ribaucour, a fait d'un trièdre mobile dépendant de deux paramètres dans ses *Leçons sur la théorie générale des surfaces*. La notion plus générale dont il est ici question ne rend pas moins de service dans le cas d'un espace à trois dimensions. Cette belle théorie est présentée dans l'ouvrage de M. Darboux de la façon la plus complète, avec ce cachet de fini qui se retrouve dans tout ce qu'expose le savant géomètre.

Afin de bien préciser la portée de la méthode de recherche ainsi développée, l'auteur s'attache immédiatement à un problème célèbre, posé par Lamé, celui de la détermination des systèmes triples orthogonaux qui sont en même temps isothermes, problème sur lequel se sont exercés nombre d'éminents géomètres. De tels systèmes jouissent, comme l'a remarqué M. Bertrand, de la propriété d'être divisibles en carrés infiniment petits par leurs lignes de courbure, propriété à laquelle on fait correspondre le qualificatif d'isothermique. La réciproque n'est pas vraie. Les surfaces isothermiques sont plus générales que les surfaces isothermes que d'ailleurs elles comprennent toutes. On est donc assuré d'obtenir toutes celles-ci, si l'on sait former toutes celles-là. La recherche des surfaces isothermiques gagne encore en intérêt si l'on considère qu'elles se présentent aussi, comme l'a fait voir Lamé, dans une belle question de la théorie de la chaleur.

L'auteur s'attaque au problème pris dans toute sa généralité et en développe, en deux chapitres, une solution complète qui ne laisse dans l'ombre aucun point de détail, épuisant, dans une savante discussion, toutes les circonstances qu'il y a lieu d'envisager.

Enfin, dans un dernier chapitre, M. Darboux examine un autre système particulier, au sujet duquel M. Bianchi a poursuivi des études remarquables dont le point de départ se trouve dans un curieux théorème de M. Weingarten. Ce système est celui dans lequel une des familles est composée de surfaces à courbure totale constante. Cette recherche, exposée par M. Darboux avec le même souci de rigueur que les précédentes, est fertile en propositions d'une rare élégance.

Le nouvel ouvrage du savant doyen de la Faculté des Sciences de Paris constitue un complément de haut intérêt à ses magistrales *Leçons sur la théorie générale des surfaces*. Comme elles, il va se trouver entre les mains de tous les géomètres ; comme elles, il va provoquer de leur part de fructueuses recherches. On peut dire d'un tel livre qu'il ensemence pour l'avenir les champs de la science.

M. D'OCAGNE.

II

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES SUR LA THÉORIE DES FORMES ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES, par H. ANDOYER, Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris. — Une brochure in-4° autographiée de 184 pp.; Paris, Gauthier-Villars, 1898.

Les candidats à l'agrégation des sciences mathématiques ayant, dans leur programme de cette année, des leçons sur la théorie des formes, M. Andoyer leur a fait, à la Sorbonne, des conférences sur ce sujet. Il ne s'agissait point, en l'espèce, de présenter la théorie avec toute l'ampleur qu'elle a prise sur le terrain purement algébrique, mais de la considérer surtout en vue de ses applications géométriques. Elle est d'ailleurs, comme on sait, susceptible, à ce point de vue, d'une double interprétation suivant qu'on la traduit dans le domaine ponctuel ou dans le domaine tangentiel.

Ces deux considérations ont guidé le mode d'exposition de M. Andoyer; d'une part, il n'a retenu de la théorie algébrique que ce qui peut intéresser la géométrie, d'où le programme de ses leçons; d'autre part, il s'est efforcé de ramener à l'unité la double traduction des faits analytiques par le choix d'une terminologie spéciale pouvant embrasser les notions de l'un et l'autre ordres.

Le caractère particulier de l'ouvrage étant ainsi mis en évidence, nous n'ajouterons que quelques mots pour donner une idée de ce qu'il contient.

Les seules formes envisagées par l'auteur sont les formes binaires et les formes ternaires, mais prises à leur plus haut degré de généralité. Après avoir, pour chacune de ces classes de formes, défini et étudié les principales formations invariantes, il examine avec plus de détail ce qui concerne, parmi elles, certaines formes ou certains systèmes de formes d'un caractère plus spécial, dont l'importance est primordiale au point de vue géométrique : les formes et systèmes linéaires ou quadratiques, les formes bilinéaires, ainsi que — mais seulement dans le domaine binaire — les formes cubique et biquadratique.

L'extrême généralité de l'exposé de M. Andoyer exige un choix de notations par lequel un commençant pourrait se sentir un peu troublé; mais ce n'est pas à des commençants que le livre

s'adresse, et l'enchaînement des idées s'y poursuit, en dépit de cette notation un peu compliquée, avec une parfaite clarté.

Ce n'est pas seulement aux candidats à l'agrégation, qui les étudieront dans un but tout particulier, que les leçons de M. Andoyer rendront des services. C'est encore à tous les professeurs de géométrie analytique qui trouveront là, pour la matière de leur enseignement, de précieuses données. La tendance est maintenant, en France au moins, de faire dans cet enseignement une place de plus en plus large aux méthodes si belles et si générales qui dérivent de la théorie des formes. Or, c'est précisément en vue de ce besoin spécial que celle-ci se trouve mise au point dans l'ouvrage de M. Andoyer. Il n'est donc pas douteux qu'il ne soit appelé à rendre de signalés services à un public bien plus étendu que celui en vue duquel il a été plus spécialement écrit.

M. D'OCAGNE.

III

LIGHT VISIBLE AND INVISIBLE, a series of lectures delivered at the Royal Institution of Great Britain, at Christmas, 1896; by SILVANUS P. THOMPSON, D. sc. F. R. S., M. R. I. London, Macmillan and C°., 1897. — Un volume petit in-8° de XII-294 pages, avec 156 figures.

Le 12 décembre 1825, le Conseil de l'Institution Royale de Londres, voulant étendre le rôle qu'elle devait jouer dans la vulgarisation de la science, résolut d'instituer des conférences destinées à la jeunesse. Elles devaient avoir lieu tous les ans, pendant les vacances de Noël et de Pâques. Les conférences de Pâques ne se sont pas maintenues, mais celles de Noël, les *Christmas lectures,* sont restées en honneur. Elles comprennent six leçons dont le sujet est généralement emprunté à une partie des sciences que des progrès récents rendent plus intéressante ; des professeurs éminents ne dédaignent pas de contribuer à cet enseignement populaire et s'efforcent avec succès de lui conserver la valeur et l'attrait qu'ont su lui donner d'illustres prédécesseurs, tels que Faraday et Tyndall.

Rien de plus instructif que ces leçons où la rigueur des principes s'allie à la simplicité de l'exposition et au charme d'une

mise en scène expérimentale souvent originale, toujours très parlante et où se déploie l'art, très cultivé par les physiciens anglais, de la construction des modèles mécaniques destinés à peindre aux yeux les phénomènes les plus cachés, et qui plaisent même quand ils semblent trop ingénieux.

Telle est l'origine et telles sont les qualités de l'excellent petit livre *Light visible and invisible* du savant professeur de Physique du Collège de la Cité. Il y parcourt, presque en entier, le domaine de l'optique dont il connaît tous les recoins, en s'arrêtant sur les sommets élevés d'où la vue embrasse les horizons les plus gracieux ou les plus étendus. Mais pour y conduire le lecteur, il abandonne, dès le début, les chemins battus de l'optique géométrique et prend pour guide la théorie des ondes. C'est ainsi qu'il passe, sans transition, de la lumière visible à la lumière invisible et qu'il visite les deux provinces nouvelles dont la théorie ondulatoire a pris récemment possession : les ondes hertziennes et la lumière Röntgen.

Dans la première leçon, *Light and shadows*, l'auteur traite de la propagation de la lumière et incidemment, pour y revenir à l'occasion, des phénomènes de diffraction, de la photométrie, de la réflexion et de la réfraction ; il termine par des indications très intéressantes sur les miroirs japonais. Un appendice, d'un caractère plus élevé, trace, à grands traits et en empruntant le langage des mathématiques, la marche à suivre dans l'exposé des lois et l'établissement des formules de l'optique géométrique en recourant à la théorie des ondes.

La seconde leçon, *The visible spectrum and the eye*, s'ouvre par l'étude du phénomène de l'arc-en-ciel qui conduit à celle du spectre visible produit par les prismes et les réseaux, à l'analyse et à la synthèse de la lumière. Elle s'achève par l'examen des phénomènes subjectifs dus au contraste des couleurs et à la persistance des impressions reçues par la rétine. Un appendice signale la réfraction et la dispersion anormales.

Vient ensuite, dans la troisième leçon, *Polarisation of Light*, l'exposé des phénomènes les plus intéressants dus à la polarisation de la lumière et aux couleurs interférencielles. Un appendice donne quelques indications, courtes mais substantielles, sur l'élasticité et les propriétés de l'éther intramatériel.

La quatrième leçon, *The invisible spectrum (utra-violet part)*, aborde l'étude des radiations invisibles en commençant par la partie ultra-violette du spectre, à laquelle l'auteur rattache les

phénomènes de phosphorescence et de fluorescence qui lui servent de moyens d'investigation. Il insiste sur l'action de ces radiations invisibles sur les conducteurs électrisés et sur le pouvoir chimique de la lumière. Il est ainsi amené à parler de la photographie, en particulier, de la photographie des couleurs par le procédé de M. Lippmann, et de la reproduction artificielle des couleurs naturelles par l'ingénieux appareil, le photochromoscope, de M. Ives.

L'étude du spectre invisible se poursuit dans la leçon suivante, *The invisible spectrum (infra-red part)* par les radiations calorifiques infra-rouges qu'analysent les piles thermo-électriques et les bolomètres, et par les ondes hertziennes. Ce rapprochement qui réunit dans un même ensemble des phénomènes appartenant désormais à un même domaine, amène quelques considérations sur la théorie électro-magnétique de la lumière qui se trouvent développées dans un appendice.

Enfin, la dernière leçon, *Röntgen light*, est consacrée tout entière aux rayons X. On sait que M. S. Thompson est, en Angleterre, l'un des physiciens qui se sont occupés avec le plus d'ardeur et de succès de la découverte de Röntgen, de ses applications et de ses conséquences. Pour la théorie, il adopte l'idée de Sir Georges Stokes qui voit dans ces radiations étranges des ondes isolées, nées de chocs séparés et sans rythme qui les relie entre elles; des ondes non périodiques par conséquent, et privées dès lors des propriétés que donne aux ondes lumineuses leur périodicité. Un appendice étend cette dernière leçon aux autres modes de radiations invisibles qui se rattachent, par certaines de leurs propriétés, aux rayons X (1).

(1) Les lecteurs que cette question intéresse trouveront les idées de Sir G. Stokes exposées dans les MANCHESTER MEMOIRS, vol. XLI, no 45, 1897. Cette théorie a été développée par le prof. J. J. Thomson, dans le PHILOS. MAGAZINE, vol. XLV, 1898. — D'autres physiciens voient, dans les rayons X, des radiations complexes, analogues à celles qui constituent nos lumières composées, mais dont les ondes élémentaires *périodiques* seraient beaucoup plus courtes que les ondes lumineuses ordinaires; ce serait l'extrême petitesse de ces ondes composantes qui rendrait très difficile, sinon impossible, l'observation de leurs propriétés liées à la périodicité. Citons dans cet ordre d'idées, un article intéressant publié par M. Oscar M. Stewart, dans le numéro d'avril 1898 de la PHYSICAL REVIEW. Cet article résume l'état actuel de nos connaissances relatives aux rayons de Becquerel, proches parents des rayons X; voici sa conclusion : Les rayons Becquerel se réfléchissent, se réfractent, se polarisent. On ne peut donc mettre raisonnablement en doute qu'ils ne soient des vibrations transversales de l'éther. Pour le prouver péremp-

Cette pâle analyse ne donne qu'une idée très imparfaite de cet excellent ouvrage. Mais si nous cherchions à la compléter en décrivant ici les expériences ingénieuses, et souvent neuves, qui illustrent ces leçons, nous dépasserions beaucoup les limites d'un simple compte rendu.

Ajoutons qu'une impression élégante, des figures nombreuses et très claires, les portraits de Hertz, Crookes et Röntgen, et la reproduction de plusieurs radiographies, aideront aussi au succès très mérité de ce beau et bon livre.

J. THIRION, S. J.

IV

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE, par CHARLES FABRY, professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille. Paris, Gauthier-Villars, 1898. — Un volume in-8° de 356 pages, avec 205 figures dans le texte.

Comme l'auteur l'indique dans sa préface, le but de ce livre est "d'exposer, d'une façon simple, la partie de la Physique qui traite des phénomènes périodiques : Acoustique et Optique „. Ce programme est parfaitement rempli, avec toute la rigueur qu'exigent des *leçons* et toute la simplicité que réclame un exposé *élémentaire*. Mais ce dernier mot doit être bien compris. Le livre de M. Ch. Fabry conduit en réalité le lecteur très loin ; il n'est élémentaire que par le mode d'exposition et grâce au talent de l'auteur qui sait s'élever sans cesser d'être très simple.

L'ouvrage s'ouvre par des notions générales applicables à tous les mouvements périodiques (pp. 1-26). Tout est clair et rigoureux dans cette étude que l'auteur a su dégager de tout appareil

toirement, il faudrait pouvoir faire interférer ces rayons. Mais l'impossibilité contre laquelle on s'est heurté jusqu'ici, dans cette voie, peut tenir à l'extrême petitesse des longueurs d'onde de ces radiations. Les rayons Becquerel, pas plus que les rayons X, ne sont homogènes. Ils partagent avec ceux-ci les mêmes propriétés : celles d'agir sur les substances photographiques, d'exciter la fluorescence, de rendre conducteurs les gaz qu'ils traversent, etc. Cette similitude des propriétés est évidemment un argument puissant en faveur de l'opinion qui voit dans ces radiations invisibles, y compris les rayons X, des ondulations transversales et périodiques de l'éther, mais de très petites longueurs d'onde.

des miroirs sphériques, " nous supposerons, presque toujours, dit l'auteur, que l'angle d'ouverture est petit (quelques degrés au plus), en d'autres termes que la surface du miroir est *relativement* peu étendue „. Nous soulignons le mot " relativement „ qui sauvegarde l'exactitude, mais appelle l'indication du terme de cette relation, le rayon de courbure du miroir; en laissant aux lecteurs le soin d'y suppléer, on expose ceux qui n'y prendront point garde, à confondre un miroir de petite ouverture avec un petit miroir.

Après cet excellent exposé de l'optique géométrique, l'auteur aborde l'optique physique. C'est la partie la plus intéressante de son livre, et en même temps la plus originale et la plus neuve dans le mode d'exposition (pp. 248-326). Elle comprend neuf paragraphes consacrés aux principes de la théorie des ondulations, aux interférences, à l'interprétation des lois de la réflexion et de la réfraction, à la diffraction, à la double réfraction, à la polarisation des rayons lumineux, à la polarisation chromatique et rotatoire, à la mesure des indices de réfraction, et à la photométrie. On y trouve, très simplement et très nettement exposé, tout ce qu'il est possible de parcourir, sans suivre les chemins ardus de l'analyse mathématique, dans le domaine si riche et si vaste de l'optique physique.

Évidemment, cette étude élémentaire reste incomplète; mais elle n'est pas insuffisante et répond parfaitement au but de l'auteur. Les développements qu'il donne à l'exposé des principes fondamentaux rendent leurs conséquences facilement intelligibles; les applications qu'il en fait mettent suffisamment en lumière l'enchaînement des phénomènes; et si bien des démonstrations n'ont pu être qu'ébauchées, les explications qui en tiennent lieu permettent au moins d'entrevoir les raisons et les preuves dont on ne pouvait présenter le détail.

Enfin, l'ouvrage se complète, de la manière la plus heureuse, par un substantiel et très intéressant aperçu sur l'histoire de l'optique (pp. 327-349).

L'ouvrage de M. Ch. Fabry sera certainement bien accueilli par tous ceux qui, ne possédant pas une instruction mathématique suffisante pour aborder l'étude de l'acoustique et surtout de l'optique physique dans les grands traités spéciaux, ne veulent cependant pas se contenter de simples descriptions des phénomènes et désirent acquérir des notions nettes et précises sur une théorie physique qui se montre si merveilleusement féconde; nous le recommandons tout spécialement aux étudiants qui sui-

vent un cours élémentaire de physique dont le programme reste fermé à l'optique physique et accueille une foule de questions plus difficiles, et surtout beaucoup moins intéressantes, que celles qu'ils trouveront si clairement et si simplement traitées dans ces *Leçons*.

J. THIRION, S. J.

V

EXPLOSIFS NITRÉS. Traité pratique concernant les propriétés, la fabrication et l'analyse des substances organiques explosibles nitrées, y compris les fulminates, les poudres sans fumée et le celluloïd, par GERALD SANFORD. Traduit, revu et augmenté par J. DANIEL. — Petit in-8° de VIII-235 pages ; Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1898.

De tout temps les matières explosives ont vivement excité la curiosité et, sans être chimiste de profession, on désire connaître jusqu'à un certain point ces engins puissants qui, dans les mines, font éclater les roches les plus dures, dans les mains des ignorants et des malfaiteurs provoquent des catastrophes terribles et, sur les champs de bataille, répandent la mort et la destruction.

Jusque vers le milieu de ce siècle, la poudre ordinaire, composée de soufre, de salpêtre et de charbon, était pour ainsi dire le seul explosif de fabrication industrielle et employé sur une grande échelle. Les progrès rapides de la chimie organique pendant ces dernières années ont changé notablement la situation, et, à l'heure qu'il est, l'ancienne poudre tend de plus en plus à disparaître. Elle cède la place surtout à des substances organiques qui, inoffensives en elles-mêmes, se transforment en composés nitrés sous l'action de l'acide azotique et deviennent par là des explosifs tout autrement redoutables que la bonne vieille poudre de nos aïeux. Pour se faire une idée juste des progrès réalisés dans la fabrication de ces matières, il suffit de prendre en main le second supplément du dictionnaire chimique de Wurtz. Dans le tome III qui vient de paraître, M. G. de Bechi donne, en 90 pages grand in-8°, un exposé assez complet des explosifs récemment découverts et actuellement en usage. Mais par son extension même, ce dictionnaire n'est pas accessible à tout le monde, et on félicitera M. Daniel d'avoir traduit un excellent traité sur les matières explosives nitrées qui, sous la forme

d'un modeste petit volume, réunit pour ainsi dire tout ce qu'il y a d'intéressant à dire sur ce sujet.

Dans une courte introduction, qui constitue le chapitre premier, l'auteur énumère d'abord les différents produits dont il s'occupera et donne ensuite des détails intéressants sur la construction et la protection des fabriques de matières explosives.

Voici les titres des huit autres chapitres qui composent son livre : nitroglycérine ; dynamite et gélatines explosibles; nitrocelluloses, nitroamidons, etc.; dérivés nitrés des composés aromatiques, fulminates, amorces, etc. ; poudres sans fumée; analyse des explosifs ; action de la chaleur sur les explosifs ; puissance des matières explosibles.

Si l'énumération seule de ces sujets suffit pour exciter l'intérêt, le fait que l'ouvrage où ils sont traités est composé et traduit par des savants fort compétents dans ces questions nous assure d'avance de la valeur scientifique de ce volume.

De fait, c'est avec un véritable plaisir et un réel profit qu'on le parcourra. Conduit par ces guides sûrs et bien informés, on visite les différentes usines, on voit naître les agents destructeurs, on apprend à les manier avec le moins de danger possible, etc.

Il nous est impossible d'analyser en détail un si vaste sujet; nous choisissons un seul chapitre pour montrer l'intérêt que présente le livre.

En commençant l'étude de la nitroglycérine, l'auteur expose d'abord en quelques mots l'historique : la première découverte de cette substance au laboratoire de Pelouze en 1847 ; sa préparation industrielle par l'ingénieur suédois Alfred Nobel; les terribles accidents survenus dans l'usage de cette matière à Stockholm, à Hambourg, à San-Francisco, à Quenast, etc.; enfin les différents perfectionnements apportés dans la fabrication et dans l'usage du corps.

Après ces données, M. Sanford explique brièvement la constitution chimique et donne avec plus de détails les propriétés de la nitroglycérine pour passer ensuite à la fabrication industrielle. On constate ici que l'auteur est parfaitement au courant des difficultés, des tentatives infructueuses et des véritables progrès de cette fabrication. L'amateur lira tout cela avec un vif intérêt, et celui qui a affaire à ces matières dangereuses y trouvera une foule d'indications utiles.

Nous ne doutons pas que ce petit ouvrage ne soit fort apprécié de tous ceux qui le liront.

H. De Greeff, S. J.

VI

Leçons de Géographie physique, par A. de Lapparent, membre de l'Institut; 2e édition, revue et augmentée.— 1 vol. in-8° de 720-XVI pages, avec 163 figures dans le texte et une planche chromolithographiée. Paris, Masson et Cie, 120, Boulevard St-Germain. Prix : 12 francs.

Il y a deux ans à peine, nous annoncions dans cette Revue l'apparition des *Leçons de Géographie physique* de notre ami M. de Lapparent. Et voici que maintenant nous avons à présenter la deuxième édition de cet ouvrage. 2250 exemplaires écoulés en vingt-trois mois, voilà un résultat qui prouve à quel point l'œuvre était opportune, et quel intérêt a excité cette tentative, faite pour replacer la géographie physique sur sa véritable base, c'est-à-dire sur la connaissance des conditions de genèse des formes terrestres.

Ce succès n'est pas fait pour nous surprendre. A l'apparition des *Leçons de Géographie physique*, nous avons fait remarquer l'attrait des considérations qu'elles renferment et signalé quelques-uns des mérites de l'œuvre. Elle est la première, publiée en France, où l'on expose les données principales de la physique du globe au point de vue de la science de notre temps, c'est-à-dire en visant spécialement les causes qui ont produit les formes géographiques et l'histoire de leur évolution. Le lecteur peut y apprendre la théorie et en même temps les applications. La théorie, qui n'est guère que celle des phénomènes actuels envisagés en géologie, comprend le premier tiers du livre ; l'application se voit dans l'interprétation des formes de l'Europe décrites avec plus ou moins de détails, et dans celle des autres continents que l'auteur d'ailleurs a traitée d'une manière plus rapide. La majeure partie du volume est consacrée à cette analyse.

Nous relisions ces jours derniers quelques chapitres des *Leçons de Géographie physique*, et entre autres ceux qui traitent des divers types de côtes et de leurs modes de formation. Nous nous disions qu'il est difficile de résumer avec plus de bonheur des observations précises, des faits nombreux bien caractérisés, et d'exprimer tant de choses dans une langue plus simple, plus littéraire et qui se ressente moins des lourdeurs de l'érudition.

Mais cette seconde édition des *Leçons de Géographie physique* est loin d'être une simple reproduction de la première. C'est l'habitude bien connue de notre ami de ne jamais se tenir pour satisfait de la première forme qu'il a donnée à ses publications. Il les lance parce qu'il croit le moment venu ; mais il ne se dissimule pas ce qu'il y peut manquer, soit parce que certaines informations sont incomplètes ou demanderaient à être plus sévèrement contrôlées, soit parce que sa manière d'envisager les faits acquis peut se modifier avec le temps et la réflexion. Il en a donné la preuve manifeste dans les trois éditions de son *Traité de Géologie*, comme dans les deux éditions de son *Cours de Minéralogie*. Cette preuve ressort avec non moins d'évidence de l'examen du nouveau volume que nous annonçons ici.

L'ouvrage s'est enrichi de 128 pages de texte (soit plus d'un cinquième) et de 46 dessins nouveaux (163 au lieu de 117). Le développement plus complet des descriptions régionales relatives à la France et à l'Amérique a entraîné le dédoublement de trois leçons. En outre, deux leçons nouvelles viennent en appendice, l'une relative à la morphologie des océans, étudiée à la lumière des dernières cartes bathymétriques, l'autre formant un essai, moitié didactique et moitié critique, sur le difficile sujet de la classification des montagnes, sujet qui a provoqué, de la part des auteurs allemands, l'établissement d'une nomenclature systématique que M. de Lapparent juge au moins prématurée.

Quant aux nouveaux dessins, les uns sont des figures schématiques, ayant pour but de synthétiser les divisions naturelles d'une contrée (Iles Britanniques, District des Lacs, France, Péninsule ibérique, massifs allemands, États-Unis); d'autres sont des fragments topographiques choisis parmi les plus typiques (Profondeurs de la Baltique, Allemagne du Nord, Pennsylvanie, Iles californiennes, Grand Bassin), ou des profils d'ensemble. Mentionnons aussi plusieurs photogravures instructives, et notamment les marmites de géants de la cascade de la Rue, le suc de Monde (Haute-Loire), le Canyon du Tarn, les buttes volcaniques des plateaux d'Auvergne; les dunes de Ghardaia, les dômes granitiques de la Sierra Nevada de Californie, etc.

Cet accroissement du nombre des figures s'imposait du reste, et certainement nous croyons que l'auteur en eût ajouté davantage, s'il avait eu plus de temps à sa disposition. Il est bon de noter que, malgré cette notable augmentation de la contenance du livre, les éditeurs, MM. Masson, bien connus d'ailleurs pour

leur manière de faire très libérale, n'ont pas changé le prix de vente de l'ouvrage.

Ce qui passera inaperçu, sauf pour ceux qui se donneraient la peine de comparer minutieusement les deux éditions, c'est le nombre considérable des corrections de détail qui ont été introduites. L'auteur s'est plu à reconnaître, à cette occasion, de quel précieux secours lui avait été, à ce point de vue, la rare érudition de son ami M. de Margerie.

Nul doute que les *Leçons de Géographie physique*, ainsi améliorées, ne continuent à jouir de la même faveur. Leur apparition n'a pas été sans exciter quelque mauvaise humeur parmi les détenteurs actuels de l'enseignement géographique, qu'une tradition surannée continue à enchaîner à celui de l'histoire. Mais ces résistances cèderont bientôt devant la force des choses, et en même temps que la géographie en profitera, la géologie, mieux comprise, perdant de son aridité, finira par obtenir la part qu'elle peut légitimement réclamer dans la formation de la jeunesse des écoles.

C. D. L. V. P.

VII

PRÉCIS DE MINÉRALOGIE, par A. DE LAPPARENT, membre de l'Institut ; 3e édition. — 1 volume in-18 de 390 pages avec 335 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée ; cartonné toile. Prix : 5 francs.

La 3e édition du *Précis de Minéralogie* diffère des précédentes par quelques modifications de détail, que l'auteur y a introduites pour mettre les descriptions en complet accord avec le système de classification des minéraux qu'il a définitivement adopté.

Mais le principal intérêt de cette édition réside dans le *Lexique alphabétique*, soigneusement contrôlé à l'aide des documents les plus sûrs et mis au courant des dernières acquisitions de la science. Ce lexique comprend aujourd'hui 3750 noms. Si l'on en défalque 250, qui correspondent à de simples variantes d'orthographe, il en reste 3500, représentant des noms d'espèces, de variétés, ou des termes tombés en synonymie.

Les 600 espèces ou variétés décrites dans le *Précis* sont les seules dont le nom soit simplement suivi, dans le Lexique, d'un

chiffre renvoyant à une page du livre. Pour tout le reste, il est donné une indication sommaire de la nature du minéral, quelquefois même de sa composition chimique.

Le Lexique constitue donc, à l'heure présente, le document le plus complet et le plus commode à consulter pour ceux qui veulent connaître rapidement la signification des noms minéralogiques qu'ils rencontrent sur leur chemin.

C. D. L. V. P.

VIII

TRAITÉ D'EXPLOITATION DES MINES DE HOUILLE, par CHARLES DEMANET. 2me édition revue et augmentée par DUFRANE-DEMANET. — 3 vol. in-8o, Société belge d'édition.

Il y a vingt ans que parut la première édition de cet ouvrage, qui avait été précédé d'un *Traité abrégé de l'Exploitation des Mines de houille*, du même auteur.

Nombreux sont les ingénieurs qui, dans les premières années de leur carrière d'exploitant, ont été heureux de trouver, dans l'ouvrage de M. Demanet, un guide qui les aidait dans leur initiation à la pratique des travaux houillers.

La nouvelle édition, revue et mise au courant des progrès les plus récents par M. Dufrane-Demanet, conserve le même plan général de l'ouvrage et en conserve aussi l'esprit qui est avant tout pratique, tout en donnant une large part au côté scientifique de l'art des mines.

Elle présente, notamment dans la partie géologique, quelques considérations et exemples nouveaux concernant le gisement des couches de houille, les dérangements qui les affectent et les complications apportées par les failles.

La description des principaux bassins houillers a été complétée par un exposé sommaire des conditions que présentent les bassins de la Silésie et de la Pologne, du Donetz, de l'Oural et des Asturies.

Un chapitre nouveau très important traite des travaux d'exploration et de recherches, venant ainsi combler une lacune de la première édition. Ce chapitre comprend les explorations et recherches à la surface, les sondages extérieurs et la description

des appareils avec leur mode d'emploi; de même pour les sondages intérieurs, en roche ou en veine.

Le chapitre relatif au creusement des puits dans les morts-terrains fait une place assez importante au système Poetsch, par la congélation, qui est maintenant devenu pratique.

La question des explosifs demandait aussi de nouveaux développements que l'auteur n'a pas manqué de donner, notamment en ce qui concerne les règlements et les explosifs de sûreté. De même pour le transport souterrain, l'emploi de la locomotive et autres genres de machines employées dans les mines.

Les moteurs d'aérage ont aussi reçu depuis vingt ans de nouveaux perfectionnements, surtout dans l'application de petits diamètres pour les ventilateurs à force centrifuge notamment les appareils Ser, Capell, Rateau, Hanarte y sont décrits; et ce paragraphe comprend quelques considérations sur leur fonctionnement et les courbes caractéristiques qui permettent de l'apprécier.

Le paragraphe relatif à l'utilisation des puits d'aérage à l'extraction termine le tome second. Le troisième volume, qui doit contenir plusieurs chapitres très importants relatifs à l'exploitation, l'extraction, l'exhaure, etc., paraîtra prochainement. — Notons que M. Dufrane a eu soin d'indiquer, pour certains points plus particulièrement intéressants et nouveaux, les sources où le lecteur pourra trouver des compléments à son exposé.

Cet ouvrage figurera utilement à côté d'autres traités d'exploitation ayant un programme plus étendu, dans la bibliothèque des jeunes ingénieurs qui débutent dans la conduite des travaux houillers.

V. Lambiotte.

IX

Estudios Biológicos, por el P. Z. Martínez Nunez, Agustino. Madrid, 1898.

Le P. Martínez Núñez est élève de S. Ramón y Cajal ; c'est assez dire qu'il a appris à bonne école et que les méthodes scientifiques lui sont de tous points familières. Il n'a d'ailleurs quitté le laboratoire du célèbre neurologiste que pour en fonder un lui-même dans le Collège royal de l'Escurial.

L'ouvrage contient trois parties. La première, intitulée *La*

Science et la Libre-pensée, est consacrée à l'examen des discours prononcés au fameux banquet Berthelot. La *Banqueroute de la Science* était peut-être une expression un peu hasardée ; mais elle avait été provoquée par la prétention de certains savants de vouloir tout ramener, jusqu'à la morale elle-même, à des phénomènes de laboratoire. Les moralistes auraient tort de ne pas tenir compte des lois physiques et physiologiques, mais le fondement de la morale est ailleurs, et c'est ce que le P. Martínez Núñez met en relief dans sa discussion.

La seconde partie est *une étude de physiologie cellulaire*. C'est la reproduction d'un discours d'inauguration prononcé à l'ouverture des cours académiques du Collège royal de l'Escurial. Cette cérémonie était présidée par l'Infante Doña Isabelle de Bourbon.

L'auteur a approprié son langage à la nature de son auditoire. La poésie et l'éloquence sont mises au service de la science, et les récentes découvertes ont pris une forme aimable et pleine d'agrément. Un élève de Ramón y Cajal ne pouvait oublier la cellule nerveuse. Il en parle avec délice et sait faire valoir l'importance des découvertes du maître.

Dans la troisième partie, l'auteur s'élève à la haute vulgarisation en abordant les questions actuelles de l'*Anthropologie et du Transformisme*. Les théories préconisées par Darwin, Wallace, de Quatrefages, Roux, Gaudry, Weismann, Yves Delage, sont soumises à la critique tour à tour. S'il ne faut point rejeter *a priori* les hypothèses, il faut cependant les distinguer nettement des faits : point capital à l'heure actuelle, où certaines gens, a force d'affirmer l'évolution, s'imaginent presque l'avoir vue. Le P. Martínez Núñez a rendu un grand service à ses lecteurs espagnols, en consignant dans son livre les aveux des principaux chefs de l'école matérialiste et de l'école évolutionniste sur l'insuffisance des preuves tirées des documents paléontologiques.

Nous ferons un petit reproche à l'auteur. Nous n'aimons pas à voir donner des prix d'excellence à des savants encore en vie. Quel est le premier biologiste, quel est le premier géologue, quel est le premier paléontologiste ? c'est difficile à dire. Je sais que dans le camp opposé au nôtre, quelques écrivains ne se font pas scrupule de prôner leurs hommes aux dépens des autres ; mais à part certains noms hors de pair, toute comparaison risque d'être odieuse.

Nous souhaitons aux *Estudios Biológicos* le succès qu'ils méritent. G. H.

X

LE RATIONNEL. ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES A L'ESSAI SUR LA CERTITUDE LOGIQUE, par GASTON MILHAUD, Agrégé de mathématiques, Docteur ès-lettres, Chargé de cours de philosophie à l'Université de Montpellier. — Un vol. in-18 de la Bibliothèque de philosophie contemporaine de 180 pages, librairie Félix Alcan, 1898.

M. Milhaud a débuté comme professeur de mathématiques; mais les questions d'ordre philosophique l'attiraient, et il éprouvait le désir de se consacrer à leur étude et à leur enseignement. Or il n'est pas facile de passer d'une chaire de mathématiques à une chaire de philosophie, celle-ci appartenant essentiellement à l'ordre des lettres, ce qui nous a valu tant de commentaires étonnants de Descartes, de Leibnitz et de Malebranche, pour ne citer que ceux-là. La difficulté n'était pas faite pour effrayer M. Milhaud, et il se fit recevoir docteur ès-lettres. Sa thèse française sur *les Conditions et les Limites de la Certitude logique*, dont une seconde édition vient de paraître dans la même collection que le volume dont nous allons parler, fut très remarquée et donna lieu à de nombreux commentaires ; le livre sur *le Rationnel*, composé principalement d'articles publiés dans diverses Revues, répond plus ou moins directement à ces commentaires et précise certaines idées déjà exprimées dans l'*Essai sur la certitude logique*. Sans prétendre donner une véritable analyse de ce petit volume, si riche de science et de pensée, nous voudrions en signaler les thèses principales.

Dans une introduction, consacrée à la distinction du rationnel et de l'empirique, on voit se dégager cette pensée que la contingence s'introduit jusqu'au sein du rationnel. C'est là une pensée qu'on trouve déjà dans la thèse fameuse de M. Boutroux sur la *Contingence des lois de la nature* et qui correspond à une tendance aujourd'hui très marquée de réagir contre l'universel déterminisme. Mais il nous semble qu'on dépasse parfois le but; si, en effet, on peut accorder à M. Milhaud que " la liste des axiomes, des postulats, des définitions que le savant nous offre, n'est pas la seule qu'il eût pu construire ", nous ne voyons pas là une preuve de réelle contingence. Sans doute il est loisible à Euclide, à Lobatchefsky et à Riemann de poser des définitions, complétées ou non par des postulats qui ne font qu'y ajouter ce qu'elles

auraient dû contenir pour répondre à la pensée de leur auteur; sans doute cela leur est loisible et, par suite, il est essentiellement contingent d'établir une géométrie où la somme des angles d'un triangle est égale à deux droits, une géométrie où elle leur est inférieure ou une géométrie où elle leur est supérieure. Mais qui a jamais nié qu'un géomètre pût étudier à volonté les triangles plans ou les triangles sphériques, et comment de cette possibilité pourrait-on conclure que la trigonométrie plane et la trigonométrie sphérique sont elles-mêmes contingentes? Le mathématicien établit et combine librement les définitions, sous la seule condition de n'en pas poser qui soient contradictoires entre elles; il arrive ainsi à la science d'une façon contingente, mais il *découvre*, il ne *fait* pas les théorèmes auxquels aboutit son étude.

Sur ce point, c'est-à-dire sur la contingence des vérités mathématiques, nous croyons donc devoir nous séparer de M. Milhaud; mais sa thèse devient beaucoup plus soutenable quand elle s'applique à la physique, car même si l'on ne professe pas le scepticisme absolu de M. Duhem sur la possibilité de découvrir la nature intrinsèque des phénomènes, on ne peut méconnaître que les hypothèses pouvant expliquer les mêmes phénomènes ne soient multiples et que les vérifications ne soient loin généralement de présenter la valeur logique qu'on est tenté de leur attribuer. M. Milhaud cite à ce sujet, dans sa seconde étude *(La Science rationnelle)*, l'article que M. Duhem a publié ici même en 1894, et il en fait le plus vif et le plus mérité des éloges. Mais il y a plus, car, dans l'énoncé même d'une simple loi physique, c'est-à-dire dans l'expression d'un fait donné, intervient de la façon la plus significative la libre activité de l'esprit. Si nous prenons, par exemple, la loi de Képler sur l'orbite elliptique des planètes, il est clair qu'elle suppose essentiellement un certain choix des axes de coordonnées; ce n'est pas tout : la détermination des positions de la planète suppose une série de mesures et de corrections qui impliquent plusieurs théories spéciales. Que sera-ce si l'on considère la partie de la loi dans laquelle intervient le temps, car on sait combien peu on est en droit de regarder comme donnés des temps égaux (1)?

Ces quelques indications suffisent à donner une idée de l'esprit dans lequel est écrite cette étude sur la science rationnelle; mais

(1) Qu'on nous permette de rappeler que nous avons spécialement discuté cette question de la mesure du temps dans notre *Étude sur l'espace et le temps*, chap. VI, nº IV.

la lecture seule permet d'apprécier l'abondance des détails et l'ingéniosité des aperçus.

Dans la leçon d'ouverture de son cours sur *la Science positive et la Philosophie de la connaissance*, M. Milhaud envisage les rapports des mathématiques et de la philosophie. Il montre quelle influence profonde la géométrie a exercée sur la pensée de Platon, et il nous peint la joie victorieuse qu'il eût ressentie, non moins que Pythagore, à l'énoncé des lois de Képler. Les géomètres grecs avaient étudié les sections coniques, et voilà que, deux mille ans plus tard, l'une d'elles donnait la clef de l'énigme des mouvements planétaires! Arrivé à point pour profiter de ces découvertes, Descartes se rattache étroitement à la pensée grecque en ce qu'il est avant tout et profondément géomètre. Leibnitz ne le sera pas moins, mais il profitera de ce que, grâce à Huygens, une nouvelle science, la dynamique, sortait des expériences de Galilée.

En vain, Locke et Hume cherchent à détruire toute philosophie dogmatique; Kant, formé par plus de trente ans de méditation devant l'œuvre de Newton, donne pour base à sa philosophie des jugements synthétiques *a priori*, dont il trouve la preuve dans les jugements mathématiques. Quant à Comte, il donne lieu à de curieuses remarques sur l'importance qu'il attribue aux mathématiques et sur ses infructueux efforts à en dénaturer le caractère.

> Mais lui, ce trafiquant, ce dernier des derniers,
> Dans sa laide cervelle, étroite et mercantile,
> Déshonorait l'idée en la rendant utile!

Ces vers ne sont point dans le *Rationnel* : ils sont du chantre de *Cyrano* et de la *Princesse lointaine;* mais comme ils expriment bien la pensée de M. Milhaud! Ou plutôt non : pour lui, on ne déshonore pas l'idée en la *rendant* utile, mais en la *voulant* utile. Le désintéressement de la géométrie grecque, voilà ce qui fut la source de ses merveilleux progrès et, du même coup, de sa fécondité future à l'égard des applications elles-mêmes. Euclide pousse si loin le dédain des applications pratiques, qu'après avoir établi tous les théorèmes nécessaires à la mesure des surfaces et des volumes, il ne donne point celle-ci, il ne veut point, dans un même livre, énoncer les formules utilisables et les propositions de la science purement spéculative.

Mais tout à coup, cette admirable vitalité de la géométrie grecque s'évanouit, et M. Milhaud attribue ce fait à ce qu'elle perdit son désintéressement. Nous ne songeons certes pas à le

contredire; mais sa démonstration nous paraît manquer de précision : suffit-il, en effet, de noter que les influences de l'Égypte et de Rome étaient de nature à développer l'esprit utilitaire et d'affirmer que le christianisme détournait de tout ce qui ne vise pas directement le salut et spécialement de la science pure, en enseignant que le royaume des cieux sera aux pauvres d'esprit, interprétation bien contestable de la parole évangélique ?

Envisageant alors la science actuelle et ses applications pratiques, M. Milhaud se demande si l'on ne doit pas craindre pour elle le sort de la science grecque lorsqu'elle se laissa envahir par des préoccupations utilitaires; mais il se rassure en considérant, non seulement l'abondance des travaux théoriques, mais aussi le caractère de la science expérimentale de nos jours, qui s'élève bien au-dessus des faits sensibles et exige une longue initiation théorique. Pour nous, il y a un point qui nous inspirerait quelque crainte : l'essor de la science physico-chimique moderne s'est produit sous l'impulsion due à la croyance qu'on pourrait arriver à découvrir la vraie nature des phénomènes et à les ramener à des faits d'ordre mécanique. Aujourd'hui, MM. Poincaré et Duhem, que suit M. Milhaud, nous disent que tout cela est vain et que jamais nous ne ferons autre chose que calculer les conditions des phénomènes, sans rien en pouvoir connaître que les sensations qui leur correspondent en nous. Or, n'est-il pas à craindre qu'une telle doctrine n'arrive à créer un état d'esprit analogue à celui d'Auguste Comte, si bien exposé par M. Milhaud, état d'esprit contraire à tout essor de la science rationnelle au delà des limites déjà atteintes ?

Nous arrivons maintenant à une thèse où nous suivrons sans réserve notre auteur : il s'agit du rôle du syllogisme en géométrie, question que nous avons nous-même abordée à propos du rôle des axiomes (*Étude sur l'espace et le temps*, p. 9). Nous ne saurions entrer dans le détail de son argumentation contre M. Lachelier et aussi contre M. Poincaré, que nous avons également essayé de réfuter dans la REVUE DE MÉTAPHYSIQUE ET DE MORALE de novembre 1894; mais nous tenons à insister un peu sur les caractères propres du syllogisme géométrique, caractères se résumant en ce qu'il échappe, mieux que tout autre, aux critiques de l'école anglaise.

Soit le syllogisme :

Tous les hommes sont mortels ;
Socrate est homme;
Socrate est mortel.

Stuart Mill fait observer, non sans quelque raison, que l'on ne peut affirmer la majeure qu'à condition d'être convaincu de la vérité de la conclusion. Or il n'en est pas de même avec le syllogisme géométrique, car ici la majeure est une proposition affirmée dès l'abord comme " demande ", " notion commune " ou " définition " ou une proposition préalablement déduite de ces points de départ de la géométrie. Ces points de départ, quelles que soient leurs origines psychologiques, n'ont aucunement, pour le géomètre considéré comme tel, le caractère de résumés du passé; mais, inscrits à la première page de la science, ils visent uniquement le futur. Cela suffit à donner au syllogisme géométrique une valeur logique toute particulière.

Cherchant ensuite d'où vient au syllogisme sa valeur démonstrative, M. Milhaud trouve qu'elle ne repose ni sur le principe d'identité ni sur celui de contradiction, attendu que l'on doit toujours substituer à un objet un autre objet qui ne lui est pas identique, et, pour légitimer cette substitution, au point de vue du principe d'identité, il faudrait un nouveau syllogisme. Il ne croit donc pas qu'on puisse donner une justification purement logique du syllogisme, et l'on doit se contenter d'une explication psychologique; on pourrait toutefois reconnaître, à l'exemple de Schopenhauer, le *principe de raison* comme principe fondamental du syllogisme, à la condition de viser par là, non une formule objective qui serait toujours séparée du syllogisme par un autre syllogisme, mais la racine même de notre faculté de comprendre et de connaître.

Il nous resterait à parler d'un " dialogue philosophique " sur la notion de limite en mathématique; mais il nous serait pénible de gâter ce petit chef-d'œuvre, en en rompant la marche à la fois si serrée et si élégante. L'auteur n'a sans doute pas la prétention d'y avoir rien dit de réellement nouveau; mais arriver à donner une forme aussi parfaite à des idées déjà exprimées, nous paraît exiger une qualité d'esprit tout à fait supérieure. Notons d'ailleurs, dans une note terminale sur la géométrie grecque, un rapprochement très intéressant entre la façon dont les géomètres grecs traitaient la question des limites et du nombre incommensurable et celle dont elle est comprise aujourd'hui.

GEORGES LECHALAS.

XI

LETTRES A UN MATÉRIALISTE SUR LA PLURALITÉ DES MONDES HABITÉS ET LES QUESTIONS QUI S'Y RATTACHENT, par JULES BOITEUX. Troisième édition, revue et améliorée. — Un vol. in-12 de IV-610 pages ; 1898. Paris, librairie Plon.

C'est la troisième édition, mise à jour, relativement à l'état actuel de la science, d'un ouvrage dont la première publication remonte, si je ne me trompe, à une quinzaine d'années.

L'auteur a adopté la forme épistolaire ; il est censé s'adresser à un jeune homme séduit par les doctrines matérialistes et qui, naïvement convaincu de l'habitation universelle des astres, y voit, d'après les préjugés de l'École, une objection insurmontable contre le spiritualisme en général.

Cette forme de discussion par lettres nuit un peu à la rapidité, à la concision et à l'éclat des exposés. L'auteur s'en excuse, dans sa préface, sur ce que, abordant, prétend-il, à propos de sa thèse, un grand nombre de questions très différentes, ce qui peut en résulter de disparate doit être ainsi rendu moins apparent.

L'ouvrage est divisé en trois parties :

1° Quels peuvent être les astres habitables ; 2° Quelle est la cause génératrice de la vie ; 3° Applications cosmologiques et déductions pratiques.

I. Les conditions de la vie physiologique ou organique sont nombreuses, multiples, complexes. De telle sorte que fort étroites sont les limites en dehors desquelles elle n'est plus possible : conditions de température, de composition et de pression atmosphérique, de proportion d'humidité, de pesanteur, et d'autres encore.

M. Jules Boiteux les expose en détail. Après quoi, il examine à ce point de vue les différents astres. Le soleil, la lune, la terre, les planètes, leurs satellites, les anneaux de Saturne, les comètes, les étoiles dites fixes, les nébuleuses mêmes, tout y est examiné d'une manière approfondie, à l'aide de toutes les données que possède aujourd'hui la science dans ses diverses branches.

Sans suivre l'auteur pas à pas dans son voyage soli-planétaire, ce qui nous entraînerait beaucoup trop loin, mentionnons quelques-unes de ses constatations. Réfutant les théories de l'alimentation indéfinie de la fournaise solaire, il indique, pour la durée de la période d'ignition qu'il lui reste à parcourir, le chiffre

de vingt à trente millions d'années. Si donc l'astre-roi était destiné à être habité après son extinction, hypothèse plus que contestable, ce ne serait toujours pas de sitôt. En ce qui concerne la terre, si l'on envisage son passé géologique et cosmique, on s'aperçoit bientôt que le règne entier de la vie physiologique à sa surface ne représente qu'une fraction minime de la durée totale de son existence, et que le règne de la vie pensante ou de l'humanité n'y figure lui-même, comme durée, que pour une minime fraction de l'ensemble de la vie organique, soit quelque chose comme la cent-millième partie de l'existence de la planète. En sorte que l'on peut dire avec vraisemblance, par rapport aux planètes intersidérales supposées, qu'il y a cent mille à parier contre un que les unes n'ont pas encore atteint et que les autres ont dépassé leur période d'habitabilité.

L'examen comparatif des autres globes planétaires de notre système amène à une conclusion semblable. De ce que nous en pouvons connaître, il ressort clairement — dans l'hypothèse que leur destinée commune serait d'entretenir à leur surface la vie *complète*, c'est-à-dire humanité comprise — que, pour la plupart, les uns ne sont pas encore sortis de la période de leur formation inorganique, et que les autres, astres morts ou mourants, ont achevé, pour ce qui les concerne, le cycle de l'entretien de la vie. En passant, l'auteur raille spirituellement la prétention assez grotesque émise par quelques imaginations aventureuses, d'établir, au moyen de sémaphores lumineux, une correspondance avec les soi-disant habitants de Mars.

II. La seconde partie, consacrée à l'étude de la " cause génératrice de la vie sur les globes sidéraux ", est principalement une réfutation du transformisme matérialiste, identifié par l'auteur avec le système de Darwin. Bien que de très plausibles considérations soient développées dans cette seconde division, elle nous paraît toutefois un peu moins heureuse que les deux autres. Par exemple, l'assertion que Dieu a créé directement et spécialement chaque nouveau type végétal ou animal, ne nous paraît pas bien solidement établie; rien ne s'oppose, en effet, " à la théorie d'après laquelle Dieu aurait procédé, envers les espèces, par création dérivée, soit suivant une loi d'évolution, soit par voie de génération tellurique ". Il semble donc excessif d'affirmer que " nous ne saurions comprendre que d'une seule manière l'apparition des premiers animaux " (p. 260), et de soutenir que le système de l'évolution est inséparable de la thèse (reconnue fausse) des générations spontanées.

Plus loin, à côté d'exposés excellents sur l'*instinct* opposé à l'*intelligence*, on regrette de voir employer couramment (p. 351 et suiv., 504 et 505), des expressions comme celles-ci : " la faculté d'entendement de la bête „ ..., " l'intelligence de l'animal „ ...." l'instinct des animaux associé à des facultés intellectuelles très simples „ ..., " l'*esprit* de la bête „ ..., " la brute la plus intelligente „. Il est vrai que le contexte montre clairement que l'auteur établit une différence fondamentale entre cette soi-disant intelligence, ce soi-disant esprit et l' " intelligence consciente, raisonnable, douée d'initiative et de liberté „, qui est l'apanage exclusif de l'homme ; et c'est là l'essentiel. Néanmoins il est toujours fâcheux, surtout dans un ouvrage scientifique, d'employer des termes qui prêtent à confusion en une matière aussi importante. C'est aussi une prétention excessive que de considérer, comme imposée à la foi des chrétiens, la croyance à l'octroi du langage à l'homme par voie surnaturelle ou miraculeuse (Note II, p. 364).

III. Que pourraient bien être des planètes qui ne seraient pas habitées, au moins par des créatures pensantes et raisonnables ? C'est ce que l'auteur examine dans sa troisième partie. Ici l'imagination a nécessairement une assez large part ; mais c'est une imagination qui s'appuie, par analogie, sur des faits observés. Nous assistons à un défilé de mondes de toute sorte : mondes minéraux s'épanouissant en cristallisations, en efflorescences métalliques de toutes formes et de toutes couleurs ; mondes maritimes, recouverts de toutes parts d'une hydrosphère peuplée d'organismes aquatiques ; mondes paludiques, terres incomplètes, sans montagnes, sans vallées, où l'eau se mêle partout aux terres émergées ; mondes parfaits comme notre terre, plus parfaits même en tant que conformation, régime météorologique, etc.

Possible dans ceux-ci, autant qu'impossible dans les précédents, l'habitation par des êtres doués de raison n'est nullement une conséquence nécessaire de l'existence de tels mondes. Elle n'a rien d'impossible non plus ; et dans tous les cas, une telle hypothèse n'intéresse pas le dogme chrétien.

Au demeurant, il y a d'excellentes choses dans ce livre que nous recommandons à tous ceux que passionne l'amour de la vérité.

C. DE KIRWAN.

XII

HÉTÉROGÉNIE, TRANSFORMISME ET DARWINISME. *Problème de l'espèce*, par M. l'abbé DE CASAMAJOR. — Un vol. pet. in-8° de 248 pages; 1898. Bar-le-Duc, impr. œuvr. de St-Paul.

Repousser toute théorie évolutionniste et s'en tenir exclusivement au créationnisme, c'est assurément le droit de chacun. Étant reconnu de part et d'autre que Dieu est l'Auteur et le Créateur de tout ce qui existe, c'est encore le droit de chacun de concevoir et d'admettre, en dehors de ce qu'on est convenu d'appeler le créationnisme, tel ou tel autre mode suivant lequel le Tout-Puissant aurait opéré et dirigé la formation des êtres.

On ne saurait blâmer M. l'abbé de Casamajor, créationniste convaincu, de soutenir son système et de combattre les systèmes contraires. Mais, où son livre nous paraît prêter le flanc à la critique, c'est dans la manière dont il soutient sa cause et dans le choix des armes qu'il emploie contre ses adversaires.

Rien à dire des cinq ou six pages qu'il consacre à combattre l'*hétérogénie* ou théorie des générations spontanées, si ce n'est que cela pourrait s'appeler " enfoncer une porte ouverte ", tant ce système, abandonné de tous les savants sérieux, est aujourd'hui tombé dans un complet discrédit. Mais de quel droit l'auteur réunit-il en un seul bloc l'hétérogénie et l'évolutionnisme ou transformisme, sans faire, au moins en principe, aucune distinction entre l'évolutionnisme hæckelien ou moniste, et le transformisme spiritualiste tel que le professe, par exemple, un savant de haute marque comme M. Albert Gaudry, ou comme le soutiennent d'excellents catholiques, prêtres séculiers ou religieux ?

Une telle confusion, qui règne sur les deux premiers tiers du volume, enlève nécessairement aux arguments de l'auteur une bonne part de la valeur qu'ils peuvent avoir.

Il n'est pas admissible non plus de dire que le *Natura non facit saltus*, autrement dit la loi de continuité, ne reçoit que deux explications : celle des hétérogénistes-évolutionnistes et " celle de Moïse, qui est à la fois simple, naturelle, logique et vraie " (p. 10).

Premièrement tout évolutionniste n'est pas hétérogéniste ; mais surtout c'est une méthode depuis longtemps abandonnée que de chercher dans les récits de la *Genèse* des arguments

pour ou contre l'évolution ou le transformisme. On l'a répété à satiété, le but des écrivains sacrés n'est pas d'enseigner aux hommes des théories scientifiques quelles qu'elles soient. De ce que M. de Casamajor imprime en lettres grasses, page 66, les mots *juxta genus suum,... secundum speciem suam,... in genere suo*, aux versets 11 à 26 du premier chapitre de la *Genèse;* et de ce que l'auteur du récit sacré exprime jusqu'à neuf fois que Dieu créa les êtres vivants *chacun selon son espèce*, il ne résulte en aucune façon que le Tout-Puissant, en les créant, ait procédé par créations directes et immédiates plutôt que par création médiate ou dérivée. Tout au plus pourrait-on en induire que la constitution des genres et des espèces était achevée quand l'homme parut sur la terre; encore cette induction fournirait-elle une vraisemblance, une probabilité si l'on veut, non une preuve proprement dite ou directe.

Les raisonnements de M. l'abbé de Casamajor ne paraissent pas toujours d'une facture bien solide. Voulant prouver que les changements de milieu auxquels on a eu recours pour expliquer les transformations d'espèces n'ont jamais eu lieu, il s'exprime en ces termes (p. 53) : " On n'a jamais remarqué aucune modification appréciable soit dans les organes de la respiration, soit dans le phénomène de la circulation. Les milieux d'existence n'ayant point varié, comment auraient-ils pu amener la transformation des espèces ? „ Ce qui semble vouloir dire ceci : " Les milieux n'ont pas changé parce que les phénomènes de respiration et de circulation n'ont pas changé; et ceux-ci n'ont pas changé parce que les milieux n'ont pas varié. „

Ailleurs (p. 111), s'en prenant à M. Charles Naudin, le savant botaniste d'Antibes, il lui reproche d'attribuer à une *volonté providentielle* le principe de la transformation des espèces, parce que d'*autres* l'attribuent à la fatalité et rejettent cette même action divine dans la formation primitive des êtres organisés. Mais, précisément, M. Charles Naudin, qui n'a jamais dissimulé ses convictions spiritualistes, n'est pas du nombre de ces " autres „. L'argument tombe par là même.

Notre auteur est plus heureux dans ses raisonnements, quand il oppose aux théories évolutionnistes l'absence (il serait plus exact de dire : l'*insuffisance*) d'intermédiaires soit végétaux, soit animaux. Néanmoins cet argument, qui constitue une présomption plus ou moins forte, ne fournit pas une preuve décisive : en effet, *tous* les intermédiaires manquants n'ont pas

laissé de traces. Manquant aujourd'hui, même parmi les espèces fossiles, ils *pourraient* avoir existé autrefois.

Que cette réplique des évolutionnistes soit faible, on n'en saurait disconvenir; telle qu'elle est, elle suffit cependant à enlever à l'objection une partie de sa valeur.

Quant à tirer argument des anciennes variations des théories géologiques, à arguer de la formation du premier couple humain, pour en conclure l'instantanéité des créations successives qui l'ont précédé ; à s'élever contre la longue durée des temps antérieurs à l'homme, ce qui est assez vain; à vouloir renfermer ceux qui se sont écoulés depuis dans la vieille interprétation qui les réduisait à une durée inférieure à 6000 ans; tout cela paraît bien puéril, bien " vieux jeu ", pour user d'une expression familière, et bien peu capable de porter la conviction dans l'esprit de l'adversaire, ou même de contenter les tenants de la même opinion.

Il ne paraît pas être non plus d'une argumentation bien solide d'employer tout un chapitre à décrire les effets foudroyants des explosifs, les ravages rapides ou instantanés causés par les tremblements de terre ou les éruptions volcaniques, pour en conclure que Dieu a très bien pu ne pas mettre un temps plus long à opérer ses œuvres créatrices. De ce qu'une grande ville peut être renversée en quelques secondes par une catastrophe seismique ou par l'explosion d'une mine souterraine, il ne résulte point qu'elle ait été édifiée instantanément; et les forces destructives de la nature ou tirées d'elle, n'ont nulle corrélation nécessaire avec les forces créatrices dont Dieu s'est servi pour l'appeler à l'être.

Que dire de l'affirmation émise soi-disant " avec une certitude presqu'absolue ", qu'avant le IXe siècle de notre ère, la houille non seulement n'était pas connue, mais même n'existait pas (p. 189) ?

Que penser de dénégations audacieusement opposées aux faits géologiques les mieux établis, en en tronquant les énoncés et leur opposant ensuite les exceptions qui font partie de ces mêmes énoncés (Cf. pp. 203 et suiv.)? La loyauté et la sincérité de l'auteur ne pouvant être mises en doute, comment expliquer de pareilles méprises ?

Voulant contester la haute antiquité des mammifères, tertiaires et quaternaires, l'auteur émet la proposition suivante à laquelle nous nous reprocherions de rien changer.

" N'avons-nous pas des animaux de forme bizarre : les orni-

thorinques, les fourmis-lions..., le dinotherium (c'est-à-dire, l'*elephas primogenium*, analogue aux éléphants actuels de l'Asie), les baleines, les cachalots ? „

La désignation spécifique *primogenium*, pour *primigenius*, doit être évidemment le résultat d'une faute d'impression. Mais faire du dinotherium, ce proboscidien tertiaire aux défenses recourbées en manière de hoyau sous la mâchoire inférieure, un éléphant, et un éléphant contemporain ; et du mammouth, ce monstrueux éléphant quaternaire à la rousse et épaisse toison, à la longue crinière noire, aux défenses recourbées, le similaire de notre éléphant actuel d'Asie, à la peau nue, aux défenses droites et courtes, aux dimensions comparativement réduites, ce sont là, il en faut convenir, des confusions peu dignes d'un écrivain sérieux.

Inutile, maintenant, de s'étendre sur les considérations par lesquelles l'auteur veut prouver que la création entière a été réalisée en six fois 24 heures, la grande raison qu'il en donne étant celle-ci : Puisque six jours de 24 heures suffisaient au Dieu tout-puissant pour créer l'univers, pourquoi y aurait-il employé des siècles ?

Avec des raisonnements de cette force, ne peut-on pas prouver tout ce que l'on veut ?

C. DE KIRWAN.

XIII

SPIRITUALISME ET SPIRITISME, par le Dr GEORGES SURBLED. — Préface de Mgr ÉLIE MÉRIC, professeur à la Sorbonne. — 1 vol. in-12 de 273 pages ; 1898. Paris, P. Téqui.

Une réfutation complète, et appuyée sur les faits, du matérialisme et finalement du spiritisme, cette forme déguisée et hypocrite du matérialisme et du panthéisme ; en même temps une démonstration scientifique de l'élément spiritualiste, c'est-à-dire du rôle nécessaire de l'esprit dans le fonctionnement du composé humain, tel est l'objet, la substance de ce livre. Et cette démonstration est faite non pas seulement à l'encontre des matérialistes, mais aussi de ceux que l'on pourrait appeler les *maladroits amis* du spiritualisme — “ Mieux vaut un sage ennemi qu'un maladroit ami „, dit le Fabuliste — c'est-à-dire les idéalistes

qui ne voient dans l'organisme qu'une annexe accidentelle de l'âme et font par là le jeu des matérialistes. Ceux-ci, en effet, sont dans le vrai en affirmant que les opérations psychiques sont intimement liées aux fonctions physiologiques ; or si, comme le veulent les idéalistes, l'âme n'est unie qu'*accidentellement* au corps et non d'une manière substantielle pour ne former qu'un seul tout avec lui, les matérialistes sont en quelque manière fondés à prétendre qu'elle n'est qu'une superfétation et qu'ils n'ont pas besoin d'elle pour expliquer le jeu des fonctions psychiques.

Outre les idéalistes, notre auteur vise une très nombreuse école philosophique qui s'appuie, pour démontrer la spiritualité de l'âme humaine, sur sa *simplicité*, son *unité* et son *identité*.

A ses yeux, ce ne sont pas là des preuves suffisantes ; elles peuvent être combattues. La *simplicité*, dit-il, n'est pas la *spiritualité* ; et l'unité incontestable de l'âme humaine ne lui est pas exclusive, se retrouvant dans l'âme animale et même dans les végétaux supérieurs. L'identité elle-même, en dépit de certaines apparences, se retrouve dans les êtres vivants inférieurs à l'homme : telle plante, tel animal sont bien les mêmes à l'âge du déclin et de la décrépitude qu'à celui de la jeunesse, et cela en vertu de ce principe constant que Claude Bernard appelait l'*idée directrice* ; ils ont donc aussi l'identité. Si, de plus qu'eux, nous avons conscience de cette identité, c'est sur la *mémoire* que cette conscience est fondée, laquelle mémoire nous est commune avec les animaux et n'est qu'une fonction organique, matérielle, dont l'identité ne fait doute pour personne. Dès lors, ajoute l'auteur, " que devient la fameuse preuve ? „

Ici l'argumentation du savant docteur nous paraît moins rigoureuse. La mémoire est une faculté organique, sans doute ; mais, chez l'homme, elle revêt cette supériorité sur la mémoire animale qu'elle est sans cesse *actionnée*, s'il est permis d'appliquer ici ce terme, par l'intelligence et la volonté. Or, c'est grâce à l'intervention de ces deux facultés supérieures et grâce à elles seules, que nous utilisons notre mémoire, faculté organique, pour prendre conscience de nous-mêmes et nous rendre compte de l'identité de notre *moi* d'aujourd'hui, avec celui que nous avons eu en tout temps. D'où l'on peut conclure que la preuve de la spiritualité de l'âme humaine, par la conscience que chacun de nous possède de son identité, n'est peut-être pas aussi vaine que semble le croire notre médecin psychologue.

Il n'en est pas moins vrai que la preuve supérieure, la preuve

invincible, peut-on dire, de la réalité de l'esprit en nous, réside dans la faculté de concevoir l'universel, de tirer du particulier et du concret l'abstrait et la généralité. La généralité, l'universalité, l'abstrait exigent la spiritualité de la substance pensante.

Sans cesse attaquée, cette vieille preuve des scolastiques n'a jamais pu être renversée.

Or il se trouve, et c'est là ce qui fait l'un des principaux mérites de ce livre, qu'en traçant un rapide exposé des récents progrès des sciences physiologiques, l'auteur montre comment cette preuve se trouve de plus en plus corroborée, tout en renversant certains arguments mal fondés en faveur de la même thèse. Ainsi, par exemple, la ressemblance est des plus grandes entre le cerveau des grands simiens et le cerveau de l'homme, et ce, nonobstant les différences de poids et de volume auxquelles on avait à tort accordé une importance aujourd'hui reconnue nulle ou du moins singulièrement exagérée. Les fonctions de l'un et de l'autre sont identiques. Or, en dépit de toutes les confusions, voulues ou involontaires, personne ne s'avisera de comparer l'intelligence d'un Socrate, d'un Cicéron, d'un Bossuet ou même d'un simple paysan illettré, avec la soi-disant " intelligence „ d'un chimpanzé, d'un orang ou d'un gorille : si développés que soient les instincts de ces derniers, si aiguisée que se montre leur connaissance sensitive du particulier et du concret, si compliquées et si apparemment ingénieuses que se suivent leurs associations et consécutions empiriques, aucun d'eux ne s'est jamais élevé jusqu'à l'intelligence véritable, jusqu'à la raison. Donc, puisqu'avec un organe semblable, l'un, le grand simien, reste confiné dans l'instinct et la connaissance purement sensible, tandis que l'autre, l'homme, s'élève aux plus hauts concepts de la raison, lesquels n'ont plus rien de commun avec la matière, il faut bien que celui-ci soit doué d'un élément spirituel faisant absolument défaut à celui-là, et qui est, en soi, indépendant des organes.

Ce n'est là qu'un exemple entre autres. L'auteur tire également un heureux parti pour sa thèse de la doctrine des *localisations cérébrales*, et réfute en passant la théorie de Fleschig adoptée avec empressement et non sans habileté par l'école matérialiste. Il retrace ensuite les aveux auxquels ont été conduits, par leurs recherches mêmes, des savants comme MM. Charles Richet, Laborde, Armand Gautier, forcés de reconnaître l'existence d'un élément étranger à la matière.

On n'en doit pas moins reconnaître que cet élément immatériel

a, dans l'homme, une base matérielle, laquelle est non la cause mais la condition nécessaire de son entrée en exercice. Pour penser et m'élever à l'abstrait et à l'idée pure, il me faut d'abord former des images, représentations matérielles qui éclosent dans mon cerveau : celui-ci est donc l'instrument, corporel mais indispensable, de mon intelligence.

Le rôle de l'âme humaine ne se borne pas, toutefois, à l'exercice des fonctions sensibles et intellectuelles. Elle entretient la force vitale et réalise, au moyen de l'activité nerveuse, tout le mouvement de circulation incessante qui constitue la vie physiologique. Cette force latente qui réside dans les nerfs immobiles et met en mouvement toute la machine, n'est connue, sous les noms d'*influx nerveux*, *flux nerveux*, *action nerveuse*, etc., que par ses seuls effets. On a voulu y voir un courant électrique, un simple jeu de l'électricité cosmique ; et toute une ingénieuse théorie *électro-physiologique*, du plus savant matérialisme, a été tentée sur cette gratuite hypothèse. C'était un monument fondé sur le sable ; il n'a pas tardé à s'écrouler, comme l'a si bien montré, ici-même, le R. P. Hahn (1).

Repoussé du côté de l'électro-physiologie, on a fait appel à un *fluide vital* qui ne serait ni force nerveuse, ni force psychique, une sorte de *virtus vitalis* offrant une étrange analogie avec la vénérable *virtus dormitiva* de nos pères. Passons.

Le *fluide magnétique* offrirait-il une explication des phénomènes vitaux plus plausible que le fluide vital et que le fluide électro-physiologique ? Peut-être. Mais combien ce point est encore loin d'être élucidé ! D'intéressantes expériences ont été faites, notamment par M. le Colonel de Rochas et par M. de Puyfontaine, lesquelles, si elles pouvaient être corroborées, seraient assez concluantes en faveur du magnétisme animal. Malheureusement toutes les tentatives faites par d'autres expérimentateurs pour les reproduire ont été infructueuses : un échec absolu les a suivies. Il y a donc, au moins jusqu'à plus ample informé, réserve et doute légitime à cet égard.

Néanmoins M. le Dr Surbled pense qu'il y aurait là une voie à explorer qu'on a trop tôt délaissée. Peut-être y trouverait-on le moyen terme entre les deux écoles hypnotiques de Paris et de Nancy, toutes deux exclusives l'une de l'autre, et toutes deux cependant s'appuyant sur des arguments et des faits dont on ne saurait contester la valeur.

(1) *L'Électricité et la Vie*, Rev. des Quest. scient. d'avril 1896.

En tout cas, le fluide magnétique reste, jusqu'à nouvel ordre, exclusivement hypothétique. Mais en supposant son existence dûment constatée, il n'en reste pas moins un agent matériel, une force d'ordre purement physique. Vouloir en faire une sorte de moyen terme, un agent mi-parti d'esprit et de matière, un élément de transition entre le corps et l'âme, un *corps astral* ou un *périsprit*, comme disent les spirites et les occultistes, c'est pure fantaisie, pure chimère.

De là, l'auteur est amené à décrire le spiritisme, ses doctrines, ses pratiques, et à montrer que, sous des termes empruntés à la doctrine spiritualiste, il cache un grossier panthéisme, et sous un apparent idéalisme une doctrine positiviste tendant à matérialiser toutes choses, annulant l'âme spirituelle au profit du fameux périsprit, corps subtil survivant au corps proprement dit et n'ayant d'autre destinée qu'une transmigration indéfinie à travers d'autres corps et d'autres mondes.

Nous avons indiqué, à grands traits, la substance et l'esprit de ce livre. Ajoutons, pour en donner une idée plus complète, que la préface, sous forme d'épître, d'ailleurs fort élogieuse, dont Mgr Élie Méric a bien voulu le faire précéder, est un véritable régal littéraire pour les gourmets et les délicats. C'est un morceau d'une réelle éloquence et qui ne déparerait point un recueil de discours académiques.

C. DE KIRWAN.

XIV

HISTOIRE DE L'ANCIEN TESTAMENT *d'après le manuel allemand du* Dr Æ. SCHÖPFER, par l'abbé J.-B. PELT, docteur en théologie et en droit canonique, professeur au grand séminaire de Metz. Avec l'approbation de S. G. l'Évêque de Metz. Deuxième édition, revue et augmentée. — Deux vol. in-12 de XLVIII-353 pp. et IV-475 pp. (cartes comprises) ; 1898. Paris, Victor Lecoffre.

I. Du premier volume de la première édition de cet ouvrage, il a été rendu compte dans la livraison d'avril 1897.

La seconde édition a suivi de près la première, et on y a apporté de notables améliorations et additions. Ainsi l'introduction a été accrue de deux importants paragraphes, l'un sur le

sens suivant lequel on doit comprendre l'*inspiration* des livres saints, conformément aux enseignements de l'encyclique *Providentissimus Deus*, intégralement reproduite en tête du premier volume ; l'autre rappelant les règles essentielles de l'interprétation des saintes Écritures en constituant tout un petit traité abrégé d'herméneutique.

Nous ne reviendrons pas sur ce qui a été dit en avril 1897, concernant les passages de ce volume qui ont trait aux sciences proprement dites, si ce n'est pour signaler ce qui y a été changé ou ajouté, ou bien pour en rappeler ce qui paraît offrir une importance particulière.

Au sujet des théories évolutionnistes appliquées au corps de l'homme, l'auteur énonce, d'une manière beaucoup plus affirmative que dans sa première édition, cette proposition : qu'on ne saurait admettre pour l'homme un mode de formation différent de celui de la femme.

On ne voit pas trop sur quoi s'appuie cette affirmation. Car si l'on prend les termes de la *Genèse* II. 7, au pied de la lettre, Adam a bien été formé directement *de limo terrae (Vulgate), pulverem de terra* (traduction interlinéaire d'Arias Montanus), autrement dit du limon ou de la poussière de la terre ; mais la première femme, elle, a été formée avec une côte extraite du corps d'Adam : *tulit unam de costis ejus ... et edificavit costam ... in mulierem* (*Gen.*, II, 21 et 22). Or ce second mode de formation est tout à fait différent du premier ; autant un fragment organisé et vivant d'un corps vivant diffère d'un amas de boue ou de poussière inorganique, autant le mode de formation de la première femme me paraît différer de celui du premier homme, en s'en tenant au sens littéral du texte.

A la vérité, suivant la doctrine évolutionniste, le corps de l'homme n'aurait été créé par Dieu que par voie indirecte, ayant été formé " lentement de la matière douée par Dieu d'une énergie suffisante ", ainsi que saint Augustin admet que cela a pu être (1). Au contraire, " le corps de la femme a été créé directement par Dieu, dit M. l'abbé Pelt, d'après le récit très clair de la *Genèse*. "

Il n'en est pas moins vrai que, même en admettant ces deux créations directes, Dieu s'est servi de deux modes de formation fort différents dans l'un et l'autre cas. D'ailleurs est-il bien certain que le corps de la femme ait été formé par Dieu *directe-*

(1) *De Gen. ad lit.* l. VI, c. 13, n. 25, cité par l'auteur, p. 51 du t. 1er.

ment ? Il est des hébraïsants qui traduisent l'expression מִצַּלְעֹתָיו (mitstsal'othaw) par " *de lateribus*, de l'un des côtés (1), „ au lieu de " *de costis*, de l'une des côtes, „ comme la *Vulgate*. Mais qu'il s'agisse d'une côte ou d'un côté, c'est toujours une portion relativement accessoire du corps du premier homme dont Dieu s'est servi pour former le corps de la première femme. En résulte-t-il nécessairement que cette *portion de corps* masculin ait été transformée instantanément en un corps féminin ? Ne se pourrait-il pas que, durant le sommeil miraculeux d'Adam, lequel a pu se prolonger tout le temps nécessaire, la portion ravie à son corps se fût lentement développée, à la manière d'un germe, pour former peu à peu un corps de femme ? Et cela suivant une loi, à nous inconnue, promulguée par l'Éternel, dans sa sagesse ? Il n'en est *peut-être* rien, mais il en est *peut-être* ainsi.

D'où je conclus que ce n'est pas une objection de grande valeur contre la théorie évolutionniste que d'arguer du mode de création de la première femme. Critique de peu d'importance du reste, attendu que l'extension au corps de l'homme de cette théorie perd de plus en plus de terrain aux yeux des savants sérieux et sans parti pris.

Il faut signaler un remaniement complet et une certaine extension du chapitre concernant la création et la chute originelle, d'après les inscriptions cunéiformes. La traduction des fragments de tablettes provenant de la bibliothèque d'Assurbanipal, découverts par feu George Smith, a été empruntée au R. P. Lagrange, le savant orientaliste de Jérusalem, de préférence à celle, antérieure, de M. Oppert, donnée dans la première édition. Les lacunes de ces tablettes, car toutes n'ont pu être retrouvées, ont pu être comblées à l'aide de renseignements conservés par Bérose, et M. Pelt en donne un résumé, de manière à faire ressortir l'étroite analogie existant entre l'épopée chaldéenne et le récit biblique.

Au sujet de l'épisode de la Tour de Babel et de la *Confusion des langues* qui s'en est suivie, l'auteur ne considère plus comme inadmissible, ainsi qu'il le faisait dans sa première édition, l'interprétation soutenue par feu l'abbé Motais, par Mgr de Harlez, par le P. Van den Gheyn, par l'abbé Ch. Robert, et qui voit dans

(1) François Lenormant. *La Genèse. Traduction d'après l'hébreu*, 1883 ; Paris, Maisonneuve. — L'abbé Ch. Robert.

cette confusion des langues, ou plutôt des *lèvres*, non pas une perturbation miraculeuse et brusque des idiomes, mais une mésintelligence réciproque, une discorde empêchant tout accord et toute entente pour la suite à donner à l'œuvre commencée, d'où serait résultée la dispersion de la descendance de Sem en diverses peuplades éloignées les unes des autres : la formation d'autant d'idiomes différents, issus de la langue commune antérieure, était la conséquence naturelle et forcée de cette dispersion.

Sans précisément faire sienne cette interprétation, qui peut du reste invoquer en sa faveur l'autorité de Saint Grégoire de Nysse, notre auteur la donne comme plausible et très recevable; ce qui nous paraît être un progrès sensible sur la manière dont il envisageait la question en 1897.

Un détail qui m'avait échappé naguère et qu'il n'est pas sans intérêt de signaler, est relatif à la quatrième prophétie de Balaam, au chapitre XXIV des *Nombres*, versets 15 à 24 :

" . . . . . .
„ Une étoile sort de Jacob,
„ Un sceptre s'élève au milieu d'Israël ;
„ Et il frappera des deux côtés de Moab,
„ Il dévastera les fils de *Scheth* (de trouble).
„ Edom sera en sa possession, etc.

Traduire שֵׁת Scheth ou Seth, par *trouble*, n'est-ce pas quelque peu risqué ? Sur quoi s'appuie cette interprétation ? Il n'eût pas été inutile de le dire. Assurément cette mention de *fils de Seth* dans l'énumération des ennemis d'Israël ne laisse pas que d'être embarrassante. Était-ce une raison pour donner, sans explication aucune, ce nom propre d'homme pour l'équivalent du mot trouble ? Que pourrait bien signifier d'ailleurs cette expression : " les fils de trouble „ (1) ?

(1) L'impartialité nous fait un devoir de transcrire ici l'explication que M. l'abbé Pelt, à qui nous avons communiqué notre objection, a bien voulu nous donner.

" Au sujet des " fils de Scheth „, nous écrit-il, vous avez raison de dire „ que j'aurais dû être plus explicite et dire nettement que je considérais „ ces mots comme synonymes " d'habitants de Moab „.

„ La raison qui me fait adopter cette interprétation n'est pas d'éviter „ l'objection relative à l'universalité ethnique du déluge, mais la loi du „ parallélisme hébreu. Le parallélisme est synonymique dans les deux

Arrivons à deux des faits merveilleux de l'histoire de Josué : le passage du Jourdain et la bataille de Gabaon.

Pour le premier, M. l'abbé Pelt insiste avec toute raison sur son caractère essentiellement miraculeux qu'il n'avait fait qu'indiquer dans la précédente édition. On était alors au moment de la grande crue du fleuve, au printemps, époque de la fonte des neiges des monts Hermon au sein desquels il prend sa source. Le gué qui *en temps ordinaire* permet le passage, ne porte alors guère plus d'un mètre d'eau ; il en porte quatre au temps de la crue ; et les Chananéens comptaient si bien sur cet obstacle pour arrêter l'ennemi qu'ils n'avaient pas même fait garder les abords du fleuve.

L'autre fait est celui que l'on désigne communément par l'appellation de *Miracle de Josué*. L'auteur explique qu'il ne s'agit là de l'arrêt réel d'aucun astre, et que le récit biblique s'exprime d'après les apparences : il a suffi que les rayons du soleil et de la lune fussent déviés par un phénomène de réfraction ou quelqu'autre analogue.

Mais il y a mieux. Depuis la publication de la première édition de l'*Histoire de l'Ancien Testament*, un recueil essentiellement catholique, LA REVUE DU CLERGÉ FRANÇAIS, a publié en septembre 1897, sous la signature J. Bourlier, un travail, d'une logique d'ailleurs assez serrée, tendant à démontrer que l'ordre donné par Josué au soleil et à la lune de s'arrêter, n'avait été qu'une forme de langage, une de ces hyperboles familières aux peuples orientaux, une sorte de mise en scène propre à redoubler le courage de ses troupes déjà victorieuses. L'énonciation que le soleil et la lune s'arrêtèrent devrait être interprétée en ce sens que ces astres *ne se couchèrent pas avant* la défaite définitive des Amorrhéens, autrement dit que la victoire fut achevée avant la fin du jour.

M. l'abbé Pelt objecte à cette interprétation qu'elle fait violence au texte, qu'elle est en opposition et avec l'unanime tradition juive et avec le verset 5 du chapitre XLVI de l'*Ecclésiastique* et avec l'opinion de Josèphe, d'après lesquels une réelle prolongation du jour se serait produite à la voix de Josué.

„ vers qui précèdent et dans les deux qui suivent : Israël — Jacob ; Edem — Séir. Donc " fils de Scheth „ doit aussi être synonyme de " Moab „.

„ D'ailleurs *Scheth* signifie trouble et ce n'est pas ici le seul endroit où „ les Moabites sont ainsi désignés. — Voir Jérémie, XLVIII, 45, où ils „ sont appelés " fils de tumulte. „

On ne saurait contester la valeur de cette objection. Toutefois, quand on a lu attentivement l'article de M. J. Bourlier et les considérations qu'il invoque, on ne peut nier que celles-ci aient quelque chose de plausible. Il y aurait une intéressante étude à faire sur ce double point de vue (1).

Ne quittons pas ce premier volume sans appeler l'attention sur cinq cartes à l'appui du texte, dont deux nouvelles, donnant l'une le tableau de la dispersion des peuples issus des fils de Noé, l'autre le partage de la Terre de Chanaan entre les douze tribus.

II. Le second volume, étant presque exclusivement historique, a moins de titres que le premier à occuper les lecteurs de ce recueil. Nous en dirons cependant quelques mots, ne serait-ce que pour signaler trois importantes additions qui lui ont été apportées. C'est d'abord une table alphabétique se rapportant aux deux volumes et d'autant plus utile et commode pour les recherches qu'elle est analytique toutes les fois que le comporte le sujet indiqué. Ce sont ensuite deux cartes nouvelles, l'une, très détaillée et très complète de la Palestine, comprenant même Tyr, Sidon et Damas; l'autre, d'une échelle plus réduite, comprenant, avec la Palestine et la Syrie, toute la Mésopotamie et l'Élam, depuis l'Arménie et la Caspienne jusqu'au golfe Persique.

D'ailleurs les détails que contient ce tome second sur la topographie de Jérusalem, avec plans à l'appui, sur le Temple construit par Salomon d'après le projet préparé par David, n'intéressent pas seulement l'histoire proprement dite; l'architecture, l'archéologie, l'art de l'ingénieur y trouvent aussi leur compte.

Le récit des principaux miracles suscités en Juda et en Israël pendant la longue durée des temps accomplis à partir de la judicature de Samuel jusqu'à " la plénitude du temps ", c'est-à-dire jusqu'aux derniers événements qui précèdent immédiatement l'avènement du Christ, ce récit est tracé très sommairement et sans commentaires ni discussions. C'est qu'ils sont, en général, de telle nature que leur réalité peut bien être niée par le parti pris

(1) M. l'abbé Pelt justifie son opinion par des considérations que nous résumons comme suit :

Le texte sacré (*Jos.*, Z, 14) s'exprime ainsi :

" Il n'y eut pas soit avant, soit après, de jour aussi long. "

Les Juifs devaient comprendre la Bible au moins aussi bien que nous. Or, l'auteur de l'*Ecclésiastique*, XLVI, 5, dit :

" Est-ce que, dans sa colère, le soleil ne fut pas arrêté, et un jour ne fut-il pas comme deux ? "

hostile du rationalisme et de la libre-pensée, mais qu'ils ne supportent aucun essai d'explication par des causes naturelles. Tels le feu du ciel descendu sur le bûcher de l'holocauste à la voix d'Élie, les morts ressuscités, etc.

Cependant il est un fait miraculeux qu'on eût aimé à voir mentionné, commenté et expliqué, parce que des protestants et de prétendus libres-penseurs (ne pas confondre avec les penseurs libres) prétendent l'expliquer par un tour de grossière prestidigitation. Il s'agit du miracle d'Isaïe faisant rétrograder l'ombre du soleil sur l'horloge d'Achaz en présence du roi Ezéchias (*Rois*, liv. IV, chap. XX. 8-11). C'est bien simple, prétendent les adversaires systématiques du miracle, l'horloge d'Achaz était un cadran solaire mobile sur charnières, lequel, suivant qu'on l'incline, par rapport au soleil, d'un certain angle dans un sens ou dans l'autre, fait à volonté rétrograder ou avancer l'ombre du style perpendiculaire à son plan et en occupant le milieu (1).

Il n'est point malaisé de répondre à ces ingénieux auteurs, premièrement que ni Ezéchias ni sa cour n'eussent été dupes d'une aussi naïve supercherie, et en second lieu qu'à cette époque reculée (VIIIe siècle avant notre ère), il n'existait pas, selon toute vraisemblance, de gnomons portatifs comme de nos jours, et surtout disposés de façon à ce que le cadran monté sur charnières eût pu être incliné à volonté. Il ne peut être question ici que soit d'un cadran fixe dessiné sur un mur et muni d'un style oblique, comme on en voit encore de nos jours, soit plutôt, en suivant l'étymologie de l'expression hébraïque בְּמַעֲלוֹת (bema 'aloth) que la *Vulgate* traduit *in horologio*, mais dont le sens littéral est *in gradibus*, d'une colonne fixe dressée sur une série de marches et agencée de telle sorte que son ombre marquât les heures d'après la manière dont elle atteignait tour à tour les degrés (cf. *La sainte Bible commentée* de L.-Cl. Fillion, t. II, p. 671 *ad notam*), ce qui exclut toute possibilité d'en modifier la position.

Nous n'avons pu tracer de l'*Histoire de l'Ancien Testament*, deuxième édition, qu'un tableau fort incomplet et passablement

(1) M. Étienne Guillemin, colonel du génie à Sausanne, cité par M. Camille Flammarion, et ce dernier auteur lui-même dans la REVUE D'ASTRONOMIE POPULAIRE ; année 1885, p. 321, sous ce titre : *Le cadran solaire à rétrogradation*, et dans son livre : *Les Étoiles*, p. 760.

aride. Pour en faire sentir et goûter la teneur, il eût fallu se placer au point de vue principal de l'auteur qui est le point de vue historique et canonique. Écrit avec une grande largeur de vues, une réelle indépendance d'esprit, d'un style sobre et élégant, cet ouvrage est appelé à rendre d'incontestables services non seulement dans les séminaires, mais, nous n'hésitons pas à le dire, à tous les esprits studieux que ne laissent point indifférents ces questions si palpitantes de l'antiquité monothéiste depuis Adam jusqu'à Jésus-Christ.

C. DE KIRWAN.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE

Les mers dévoniennes. — Chaque jour, en accroissant nos connaissances sur la distribution en surface des divers étages géologiques, permet d'imprimer une précision plus grande aux essais de reconstitution des mers anciennes. Parmi les tentatives de ce genre, une mention toute spéciale est due à un travail de M. Katzer (1) sur la distribution des mers dévoniennes, à propos d'une étude relative aux formations de cet âge qui affleurent dans le bassin des Amazones.

La carte de M. Katzer, accompagnée d'une discussion très approfondie, se rapporte au commencement du dévonien moyen, c'est-à-dire de l'étage *eifélien*. L'intérêt de cette carte est de faire ressortir la probabilité de l'existence d'un continent *atlantico-éthiopien*, s'étendant de la côte orientale du Brésil jusqu'au méridien de Madagascar, supprimant à peu près tout l'Atlantique jusqu'au méridien de la côte portugaise, et embrassant le Labrador, les prairies canadiennes et le Groenland. Une brèche, dans l'axe de l'océan Indien, séparait ce continent de la terre indo-australienne et une grande partie de l'Asie se trouvait submergée.

Le carbonifèrien russe. — Le bassin houiller du Donetz, en

(1) *A Fauna devonica do Rio Maecuru*, BOLETIM DO MUSEU PARAENSE. 1897.

Russie, offre cette particularité, d'être beaucoup plus rapproché que les bassins franco-belges du point où se développaient largement les mers carboniférienne. Les assises avec houille et végétaux y alternent donc plusieurs fois avec d'importantes intercalations marines. Aussi est-ce de ce côté qu'on peut espérer d'établir une corrélation nette entre les diverses flores houillères et les horizons marins du carboniférien.

Bien que cette corrélation ne soit pas encore fixée d'une façon définitive, elle a fait dans ces derniers temps de grands progrès. L'importance que cette question présente, pour le Nord de la France et la Belgique, nous engage à donner ici un court résumé du chapitre inséré par MM. Tschernyschew et Loutouguin dans le *Livret-guide du Congrès géologique international de 1897.*

L'étage inférieur (notre *dinantien)* de la série carboniférienne, celui que les géologues russes désignent par C_1, présente une composition concordante au Donetz comme dans l'Oural. C'est-à-dire qu'il se divise en un sous-étage inférieur, à *Productus giganteus* et *Chonetes papilionacea,* et un sous-étage supérieur, où *Productus semireticulatus* domine. Seulement, tandis qu'au Donetz cet étage est dépourvu de houille, dans l'Oural sa base calcaire repose sur des grès et argiles avec charbon et *Stigmaria ficoides,* au-dessous desquelles on trouve encore une couche calcaire à *Chonetes papilionacea.*

Vient ensuite l'étage *moscovien* ou C_2. Entièrement calcaire dans l'Oural, et caractérisé par *Spirifer mosquensis,* il est beaucoup plus complexe au Donetz, où son épaisseur dépasse notablement 1000 mètres. *Spirifer mosquensis* y apparaît dès la base, et un peu au-dessus se montrent quelques couches de charbon, rarement exploitables, auxquelles succèdent bientôt, après quelques calcaires marins, des grès et schistes avec plusieurs couches, de $0^m,75$, d'une houille semi-anthraciteuse à *Stigmaria, Calamites, Nevropteris gigantea* et *Sphenopteris Hœninghausi.*

Ensuite, au milieu d'un ensemble de schistes et psammites, avec très minces lits calcaires à *Productus semireticulatus* et *Spirifer mosquensis,* se montrent de petites veines inexploitables de houille, où *Stigmaria ficoides* est associée à *Sigillaria alternans,* plusieurs *Calamites, Nevropteris gigantea, N. tenuifolia, N. flexuosa, Dictyopteris Münsteri.*

Enfin C_2 se termine en haut par une grande épaisseur de schistes, psammites et couches de houille, variant de $0^m,16$ à $1^m,75$, où les calcaires intercalés continuent à renfermer *Productus semireticulatus* et *Spirifer mosquensis.* Les végétaux des

schistes houillers montrent, en fait d'espèces nouvelles, *Nevropteris rarinervis, Sphenopteris latifolia, Pecopteris dentata, P. nervosa, Dictyopteris Brongniarti, Lepidodendron laricinus, Sphenophyllum erosum.*

Au-dessus se présente l'étage C_3, dont la puissance dépasse 2000 mètres au Donetz.

Une première assise de 1000 mètres d'épaisseur laisse voir un certain nombre de couches de houille, tandis que les lits calcaires offrent l'association de *Spirifer mosquensis* avec *Productus Cora* et *Fusulina ventricosa.* Cette même association se poursuit plus haut, jusqu'à un calcaire gris-clair, qui fournit une excellente limite, et où les fusulines abondent (notamment *Fusulina Verneuili),* en compagnie de *Chonetes uralica* et *Marginifera uralica.*

C'est le commencement de l'étage supérieur *(ouralien),* où il n'y a pas de couches exploitables de charbon. Les arkoses y sont fréquentes, et dans les calcaires on trouve *Fusulina Verneuili, F. longissima, F. ventricosa, F. prisca.* Tout en haut se montrent *Productus præpermicus* et *P. artiensis,* qui préparent le permien inférieur ou *artinskien.* Et cependant *Productus Cora* persiste jusqu'à ce niveau. Au sommet apparaissent, dans des schistes argileux à sphérosidérite, *Asterophyllites equisetiformis, Annularia longifolia, A. sphenophylloides, Pecopteris arborescens,* formes caractéristiques de notre terrain houiller supérieur.

Dans l'Oural, C_4, entièrement marin, est représenté par le calcaire à *Schwagerina princeps,* abondant en fusulines. *Productus Cora* en occupe le milieu, tandis qu'en haut *Prod. Konincki* est associé à *Spirifer cameratus.*

Les cailloux striés du permien de l'Inde. — Une question qui continue à être très controversée est celle de l'existence des dépôts glaciaires aux anciennes époques géologiques. Les savants anglais, notamment M. Blanford, n'ont pas hésité à l'admettre pour le conglomérat de Talchir, dans l'Inde, comme pour les couches à galets du Salt Range.

M. Noetling a étudié particulièrement ce dernier dépôt (1). Il signale la grande analogie du terrain avec le *lehm* à blocaux de l'Allemagne du Nord. Cependant il est obligé de reconnaître l'allure tout à fait singulière des galets striés. D'abord, beaucoup de ces

(1) NEUES JAHRBUCH, 1896, II. p. 63.

galets possèdent deux ou trois faces aplanies, rappelant les *Dreikanter* du diluvium allemand, et dont chacune a sa direction de stries propre, comme si le caillou avait dû tourner plusieurs fois dans le milieu où il se striait. De plus, bon nombre de ces cailloux offrent des concavités, *lesquelles sont rayées comme le reste.*

L'auteur est obligé de convenir qu'aucune de ces circonstances n'est réalisée dans les dépôts morainiques actuels. Cependant il maintient l'origine glaciaire du conglomérat. Mieux vaudrait, ce nous semble, se borner à constater qu'on est en face d'un phénomène dont la cause demeure, jusqu'à nouvel ordre, inexpliquée.

Le terrain jurassique sur l'Archipel François-Joseph. — Les fossiles rapportés de la Terre François-Joseph, et particulièrement du cap Flora, par l'expédition Jackson, ont été étudiés par MM. Newton et Teall (1). C'est grâce à une épaisse couverture de basalte que des dépôts sédimentaires, de nature essentiellement friable, ont pu être conservés sur près de 200 mètres d'épaisseur.

Le fait capital est la présence, dans ces dépôts, d'ammonites telles que *Macrocephalites macrocephalus* et *Cadoceras modiolare*, indiquant avec certitude la base de l'étage callovien.

Dans le voisinage se rencontrent des grès calcaires avec végétaux carbonisés, où l'on reconnaît les genres *Phyllotheca*, *Zamiopteris* et *Asplenium*, formant une flore très semblable à celle que M. Schmalhausen a décrite en Sibérie sur la Tongouska. Cette flore a été considérée comme bathonienne.

Si l'on se rappelle que l'oxfordien marin a déjà été signalé au Spitzberg, et que le *Cardioceras alternans* du séquanien russe existe en Nouvelle-Zemble, cela signifie que la mer du début des temps suprajurassiques couvrait de grands espaces dans le Nord. Le *Belemnites Panderi*, l'une des formes caractéristiques de ce jurassique boréal, a été trouvé au cap Flora.

Dans la même localité, MM. Jackson et Kœttlitz ont découvert, et ont pu montrer à Nansen, de nombreux fragments d'une roche à plantes fossiles, *reposant sur* une masse de basalte qui, par 200 mètres de hauteur, forme un cap sur un glacier. M. Nathorst a attribué ces débris végétaux au jurassique supérieur.

Nansen a admis l'âge jurassique du basalte. Mais l'impression

(1) QUARTERLY JOURNAL OF THE GEOL. SOC. OF LONDON, LIII, p. 477.

des membres de l'expédition Jackson les porte à rapprocher ces épanchements basaltiques de ceux de l'Écosse, et en particulier de l'île de Skye.

Le lignite se rencontre dans cette série de couches, particulièrement au cap Gertrude et auprès du cap Stephen. Ce lignite brûle en donnant une bonne flamme, et le microscope y montre de nombreux spores.

La craie irlandaise. — Les dépôts crétacés du nord-est de l'Irlande présentent un très grand intérêt, à cause de la distance à laquelle ils se rencontrent des autres affleurements du même âge dans les Iles Britanniques. Ces dépôts, qui ont été conservés grâce à la nappe basaltique par laquelle leur surface a été recouverte, viennent d'être étudiés en détail par M. Fraser Hume (1). L'auteur y reconnaît l'existence de l'albien supérieur, sous forme de sables glauconieux, celle du cénomanien, du turonien supérieur et des zones sénoniennes à *Belemnitella vera*, *B. quadrata* et *B. mucronata*. C'est dans la craie blanche à silex d'Antrim que ces trois zones sont représentées.

En beaucoup de points, cette craie blanche repose directement sur le trias ou même sur les micaschistes. Alors elle débute par un conglomérat de quelques décimètres, avec cailloux assez gros de quartz, de quartzite et de micaschistes. Le rivage était donc tout à fait voisin.

M. Hume ne voit pas de raisons pour attribuer la craie blanche supérieure à un horizon plus élevé que le sénonien.

La différenciation des magmas éruptifs. — La classification des magmas des roches éruptives a donné lieu, dans ces dernières années, à d'importants travaux, qui ont considérablement élargi nos conceptions à cet égard, en posant, d'une façon très nette, la question de l'*évolution* des magmas. Cette notion s'est précisée sous la forme de la *différenciation*, que M. Teall (2) a le premier cherché à rattacher au principe de Soret, c'est-à-dire à la concentration qui s'opère dans les parties froides d'une solution où règnent des températures variées. En Amérique, M. Iddings (3) est un de ceux qui ont le plus cherché à développer ces idées, tandis qu'en Allemagne elles ont fait

(1) QUARTERLY JOURNAL OF THE GEOL. SOC. OF LONDON, LIII, p. 540.
(2) *British Petrography*, 1888.
(3) *The origin of igneous rocks*; PHILOS. SOC. OF WASHINGTON, 1892.

l'objet des études de M. Rosenbusch (1) et, en Norwége, celui des recherches de M. Brögger (2).

Plus récemment M. Becker (3) a fait valoir, avec beaucoup de netteté, les objections qui militent contre l'hypothèse d'une simple différenciation en vase clos, en vertu des seules différences de température et de pression. Il a montré notamment que, eu égard à la viscosité des magmas, ces différences exigeraient, pour produire des résultats simplement perceptibles, des intervalles de temps énormes, ou ne pourraient s'appliquer qu'à des distances réellement microscopiques.

M. Michel Lévy (4) a repris l'étude de cette question. Après avoir imaginé des diagrammes ingénieux pour représenter la composition chimique des principaux magmas, suivant qu'ils sont alcalins, alcalino-terreux, terreux-alcalins ou ferro-magnésiens, il conclut que l'agent actif de la différenciation des réservoirs de silicates fondus doit être la circulation des fluides sous pression et à haute température. Les sources variées de ces réservoirs seraient : 1° le magma ferro-magnésien qui sert partout de scorie au noyau de fer impur auquel on a assimilé la masse interne du globe; 2° les produits de *rochage* de ce noyau, alumine, silice, alcalis, entraînés par les minéralisateurs ; 3° le résultat de la fusion des voussoirs de l'écorce terrestre quand sa chaleur propre vient à augmenter.

Ainsi c'est la circulation des *minéralisateurs* (dont Élie de Beaumont avait déjà tiré grand parti dans sa *Note sur les Émanations volcaniques et métallifères*) qui serait la cause principale de l'évolution des magmas, comme elle est la cause du *métamorphisme*, pendant que la fusion des roches déjà consolidées explique suffisamment le fait de l'*endomorphisme*.

M. Michel Lévy montre que, dans le cas d'un réservoir peu profond, avec intervention des salbandes refondues, l'action des minéralisateurs déterminera un ordre de succession inverse de celui qui correspondrait à la loi de Soret, c'est-à-dire que les magmas alcalins et siliceux se concentreront en haut, et que c'est à la base que le magmaferro-magnésien tendra à se reconstituer.

(1) TSHERMAK'S MITTEILUNGEN, 1889.

(2) *Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge.....* ; ZEITSCHRIFT FÜR KRYST. UND MINERALOGIE, Leipzig, 1890.

(3) AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE, janvier 1897.

(4) BULL. SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3e série, XXV, p. 326.

Cet ordre est d'ailleurs conforme à celui qu'on observe dans la succession chronologique des éruptions permiennes de l'Esterel et des Vosges, comme des éruptions pliocènes de l'Auvergne.

L'affaissement de l'Atlantique septentrional. — L'un des points les plus intéressants de l'Atlantique septentrional est le rocher de Rockall, qui surgit des profondeurs de l'Océan par 57°36' latitude N. et 13°14' W. de Greenwich, à 420 kilomètres de la côte d'Irlande, à près de 300 de l'île St Kilda, de l'archipel des Hébrides, qui elle-même n'est accessible qu'un petit nombre de jours par an.

Le rocher, haut de 20 mètres, n'en a guère plus de 100 de tour et repose sur un banc, recouvert par moins de 200 mètres d'eau, qui forme un ovale de 160 kilomètres sur 80.

Une expédition, organisée sous les auspices de l'Académie royale d'Irlande, a entrepris en 1896 d'aborder à Rockall, mais sans succès, tant la mer s'y montrait difficile. Du moins a-t-on pu procéder à une série de dragages sur ce banc. La drague a rapporté de nombreux échantillons de coquilles de *Pecten* et d'autres mollusques d'eau de surface, appartenant à des individus depuis longtemps morts, et provenant d'une profondeur où les animaux correspondants n'auraient pas pu vivre. La seule explication que les circonstances rendent admissible est qu'il y a eu affaissement du sol en ce point.

La roche de Rockall consiste en une sorte de porphyre granitoïde à quartz, feldspath et augite ; mais il semble que le banc submergé soit recouvert par une nappe de basalte (1).

Le mode de formation des récifs de polypiers et les mouvements du fond du Pacifique. — Deux théories ont été proposées pour expliquer la formation des *atolls* ou récifs annulaires de polypiers : celle de Darwin et Dana, qui voit dans l'affaissement continu d'un océan la cause d'une augmentation constante d'épaisseur pour un récif dont le sommet croît à mesure que la base descend ; et celle de M. John Murray, pour qui les atolls sont simplement le couronnement, édifié par les coraux, de plates-formes, volcaniques ou autres, préalablement arasées par les vagues à la profondeur qui convient aux polypiers.

Pour décider entre les deux théories, on a résolu de choisir dans le Pacifique un atoll typique, comme celui de Founafouti,

(1) GEOGRAPHICAL JOURNAL, XI, p. 48.

dans le groupe des îles Ellice, et d'y faire un sondage, de manière à mesurer exactement l'épaisseur de la construction corallienne. Si cette épaisseur dépassait sensiblement la profondeur normale de la zone des coraux constructeurs, la cause serait gagnée en faveur de la théorie de l'affaissement.

Après quelques essais préalables, on a pu mener à bien l'entreprise en 1897 (1), et la sonde est descendue jusqu'à 200 mètres sans sortir des roches d'origine corallienne. Au premier abord, ce résultat a fait pousser des cris de triomphe aux partisans de la théorie de Darwin. Mais, ainsi que l'ont fait observer diverses personnes, et en particulier l'amiral Wharton, il n'y a présentement aucune conséquence définitive à tirer de cette expérience ; attendu qu'au lieu de demeurer tout le temps dans une roche corallienne compacte, la sonde a traversé, tantôt du calcaire dur, tantôt des parties sableuses incohérentes. Il est donc fort possible que le sondage se soit maintenu constamment dans l'épaisseur d'un talus de débris, garnissant le flanc très incliné d'un cône que la construction corallienne se serait bornée à couronner.

En revanche, si le sondage de Founafouti n'autorise aucune conclusion formelle, les observations récemment faites aux îles Fidji par M. Al. Agassiz (2) montrent que la région n'est nullement, comme l'avait cru Darwin, une aire d'affaissement. Au contraire, une série d'anciens récifs s'y montrent, soulevés à plus de 100 et même 200 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Ces observations sont d'ailleurs en parfait accord avec celles que M. Guppy a faites, il y a quelques années, aux îles Salomon (3). Sur ces îles, des récifs ont été soulevés jusqu'à 270 mètres, formant une suite de paliers, dont chacun n'a jamais plus d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur, et qui marquent les pauses les plus importantes d'un soulèvement par saccades.

De plus, quand au lieu de se contenter de faire le tour des îles, on pénètre dans leur intérieur, on s'assure que la construction corallienne n'est jamais qu'un placage, au-dessous duquel apparaît, dans les ravins, le vrai noyau des îles Salomon. Or ce noyau est fait de roches basiques très cristallines, parfois gneissiques, diorites, diabases, gabbros, avec serpentines. L'état de ces roches permet d'affirmer que c'est sous une très grande pro-

(1) Geographical Journal, 1898.
(2) American Journal, 1897.
(3) *The Solomon Islands*, 1887.

fondeur d'eau qu'elles se sont, non seulement épanchées et consolidées, mais encore altérées.

Il n'y a donc guère de doute que la chaîne des îles Salomon ne soit due, avec celle des îles Fidji, à un soulèvement lent, d'amplitude égale à plusieurs milliers de mètres, et qui continue encore de nos jours.

En résumé, non seulement on ne connaît actuellement aucun récif authentique dont l'épaisseur soit supérieure à l'amplitude de la zone bathymétrique des coraux; mais la partie du Pacifique qu'on se plaisait à représenter comme en voie d'affaissement laisse voir, au contraire, des traces incontestables d'un soulèvement continu.

Les failles et les anomalies magnétiques. — Tout le monde connaît les remarquables études que M. Moureaux poursuit en France sur les anomalies magnétiques et la relation qu'elles peuvent avoir avec les conditions géologiques du sous-sol.

Un fait appartenant au même ordre d'idées a été signalé par M. Smyth Lyman (1). Non loin de la ville de Trenton, une étude des anomalies de la déclinaison, faite en 1883 par le service hydraulique de Philadelphie, avait révélé que, de Lambertville à Boyertown, sur environ 50 kilomètres, les isogones sont affectées d'un recourbement notable vers l'est, le long d'une ligne légèrement concave vers le sud. La différence ainsi introduite, dans le parcours de quelques isogones, atteint par endroits quatre dixièmes de degré.

Or, le relevé géologique de la région, effectué depuis lors, a montré que l'axe des déviations constatées coïncide rigoureusement avec le parcours d'une grande faille, se transformant vers l'ouest en un pli brusque anticlinal, et qui a produit un rejet capable d'atteindre jusqu'à 4000 mètres.

C'est un nouvel exemple de l'influence exercée sur la conductibilité magnétique par la brusque juxtaposition de deux terrains sensiblement différents.

A. DE LAPPARENT.
de l'Institut de France.

(1) JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTIT., CXLIV, 1897.

MINES

—

L'Exploitation des Mines à l'Exposition de Bruxelles. — Le matériel et les procédés de l'exploitation des mines qui figuraient à cette Exposition ont fait l'objet d'une notice publiée par MM. les Ingénieurs Watteyne et Halleux dans les ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, t. III. Après avoir énuméré les firmes exposantes de cette catégorie et indiqué sommairement les objets exposés, ils traitent, dans le second chapitre, la partie la plus intéressante : les procédés nouveaux et les perfectionnements dont les exploitants pourront tirer profit.

D'abord différentes modifications apportées aux compresseurs d'air, appareils dont l'emploi s'est généralisé dans certaines mines grisouteuses pour la perforation mécanique et l'abattage des roches sans l'usage d'explosifs, ainsi que pour d'autres usages encore à l'intérieur des travaux.

Le compresseur Dubois-François, notamment, a reçu des perfectionnements qui permettent d'obtenir un rendement volumétrique de 97 à 98 % et un rendement dynamique de près de 80 % à une marche relativement rapide pour un appareil de ce genre, soit 50 tours par minute.

Ces chiffres sont très beaux et constituent un progrès important sur les résultats que l'on obtenait précédemment dans les compresseurs.

Viennent ensuite différents types de perforatrices à bras, puis les perforatrices mues par un moteur, parmi lesquelles se recommande surtout la perforatrice Dubois-François appelée *bosseyeuse* dans le pays de Liége, et qui réalise bien toutes les conditions que doit remplir un appareil de ce genre pour être employé utilement et couramment dans les travaux souterrains.

Puis se présentent, dans le même ordre d'idées, d'autres appareils, aiguilles-coins, brise-roches, qui eux aussi, avec les appareils précédemment indiqués, visent à réaliser les desiderata proposés par la Commission organisatrice de l'exposition sur la question de l'abattage des roches dans les mines grisouteuses et dont les textes sont relevés dans l'article que nous analysons :

" Appareil permettant de pratiquer économiquement le coupage des voies sans le secours des explosifs. "

" Appareil ou procédé permettant de pratiquer économique-

ment le creusement des galeries à travers bancs (bouveaux, bacnures, bowettes, etc.), sans le secours des explosifs. „

" Système mécanique qui réalise pratiquement la suppression de l'emploi des explosifs dans le creusement des galeries à travers bancs, les terrains étant composés de grès et de schistes. „

Le creusement des puits, dans les terrains aquifères, constitue l'une des grandes difficultés en matière d'exploitation des mines, surtout lorsque l'on doit traverser des épaisseurs considérables de morts-terrains, pour mettre à fruit des gisements houillers recouverts par les formations secondaires et tertiaires.

Le procédé Chaudron, dit à niveau plein, et le procédé Poetsch, par la congélation, étaient représentés à l'Exposition de Bruxelles; et, pour le second de ces systèmes, la Compagnie des Mines d'Anzin faisait figurer dans son compartiment une partie de l'outillage ayant servi, en 1894, au creusement des avaleresses de Vicq où il y avait à traverser, avant d'atteindre le terrain houiller, $187^{m},65$ de morts-terrains dont 91 mètres de terrains aquifères. Le succès de cette entreprise fut complet, tant au point de vue du prix de revient qu'à celui de la rapidité d'exécution.

Les appareils d'aérage ont été l'objet, dans ces dernières années, de plusieurs inventions nouvelles dont la tendance commune était l'emploi de plus petits diamètres, combinés avec de grandes vitesses, pour les roues dont la rotation détermine l'appel de l'air nécessaire à la ventilation des travaux souterrains.

Les appareils Mortier, Farcot et Hanarte étaient exposés.

Le chapitre relatif au roulage comprend, notamment pour le matériel roulant, un train de roues à billes pour wagonnets. C'est une idée sans doute empruntée aux bicyclettes. Cette question de réduire le plus possible la résistance au roulement du matériel de transport est d'ailleurs fort importante, surtout pour les mines dont les travaux s'étendent à de grandes distances.

Puis figurent aussi les locomotives électriques de mines, dont l'usage commence à se répandre pour la traction dans les galeries souterraines, les unes par accumulateurs, d'autres par trolley.

Les appareils de sûreté employés dans les puits d'extraction forment un chapitre spécial : barrières pour les accrochages, les cages, les plans inclinés, qui marquent bien l'ingéniosité toujours en éveil des exploitants pour protéger, souvent contre leur propre imprudence, la sécurité de leurs ouvriers; puis des parachutes, évite-molettes de divers systèmes ; enfin, dans le cha-

pitre divers, est décrit un système de " *mise à terris* „ fort pratique permettant d'aller déverser économiquement et à une grande hauteur, les pierres en excès provenant du creusement des galeries.

Disons en terminant que les exploitants, même ceux qui ont visité en détail cette partie de l'Exposition de Bruxelles, sauront gré à MM. Watteyne et Halleux d'avoir noté méthodiquement dans ce travail tout ce qui pouvait intéresser l'art des mines.

Le Grisou et les Microséismes. — On ne peut plus mettre en doute l'influence des dépressions barométriques sur la teneur plus abondante en grisou que présente, à certains jours, l'atmosphère des mines grisouteuses. La ventilation, si intense qu'elle soit, ne peut pas empêcher que le gaz ne séjourne en certains endroits moins aérés, tels que remblais, poches, anciennes galeries, fissures des roches ; et il est évident qu'une dépression brusque de l'atmosphère, se répercutant sur l'atmosphère intérieure de la mine, doit produire une sorte de succion amenant dans le courant d'air le grisou accumulé dans des parties moins ventilées.

Les perfectionnements nombreux apportés dans l'art des mines tendent d'ailleurs à réduire de plus en plus les chances d'accident provenant de cette cause. Mais il se produit parfois dans certaines houillères des dégagements intenses de grisou, survenant brusquement et, alors même qu'il n'y a pas inflammation, projetant dans les galeries souterraines des quantités considérables de charbon et y semant la mort par asphyxie. Ce sont les *dégagements instantanés* ou *volcans*. La théorie des variations barométriques est insuffisante pour expliquer ce phénomène ; et plusieurs savants ont émis l'opinion qu'il faut l'attribuer à des causes d'origine interne relevant de la *Météorologie endogène*.

On sait que cette science nouvelle s'occupe des phénomènes qui se produisent dans la vie interne du globe, dont elle étudie tous les mouvements et leurs rapports avec les phénomènes qu'observe la météorologie atmosphérique avec lesquels ils sont souvent en corrélation.

Plusieurs savants de divers pays s'y sont appliqués depuis quelques années déjà, et diverses observations sembleraient confirmer cette loi formulée par Forel, qu'il faut redoubler de précaution contre le grisou les jours qui suivent un tremblement de terre dont l'aire séismique s'est étendue jusqu'au territoire de la mine à protéger. Car les mouvements du sol, communément

dénommés tremblements de terre, ne se bornent pas à la zone où ils ont pu se faire sentir à l'organisme humain par des secousses plus ou moins intenses ; ils se répercutent jusqu'à des distances très éloignées où ils ne peuvent être constatés que par des procédés et des instruments d'observation spéciaux.

Ces mouvements microséismiques du sol sont même beaucoup plus fréquents qu'on ne pourrait le croire à première vue, et auraient une part très grande dans les causes des dégagements instantanés du grisou.

Déjà depuis plusieurs années, un savant belge, M. E. Van den-Broeck s'est préoccupé de ce nouveau champ d'investigations ouvert à l'étude de la question du grisou, et en a entretenu la Société belge de Géologie, dont il est le secrétaire général. Il vient de faire, à une séance récente de cette société, une nouvelle communication sur le même objet. Il ne s'agit plus d'un exposé purement théorique, mais bien de tout un programme d'études et de travaux à la collaboration duquel il convie les pouvoirs publics, les ingénieurs du Corps des Mines, les exploitants et toutes les personnes s'intéressant à un titre quelconque à cette importante question du grisou, qui est à la fois humanitaire et économique. — L'objet de cette conférence comprend plusieurs articles :

1° Le risou étudié dans ses rapports avec les phénomènes de la météorologie endogène et au point de vue de sa prévision par l'observation des microséismes ;

2° Établissement — en vue de l'étude du grisou — de stations de météorologie endogène dans le bassin houiller du Hainaut, corrélativement à la création d'une station de géophysique dans la même région ;

3° Appel à la bienveillante coopération des membres de la société et création, au sein de celle-ci, d'une section permanente ayant pour mission l'étude du grisou et spécialement la solution des diverses questions figurant à l'ordre du jour ;

4° Établissement des grandes lignes du programme en vue.

L'installation, dans le bassin houiller du Hainaut, d'un observatoire de météorologie endogène et de géophysique qui, concurremment avec d'autres stations du même genre en voie d'établissement à Liége, à Bruxelles et à Gand, permettrait d'étudier de plus près et d'une manière méthodique une question capitale qui n'a guère été poursuivie jusqu'ici que par des travaux personnels et isolés. — Et ce qui vaut mieux au point de vue pratique, c'est qu'il pourrait être possible de prévoir des circonstances où les mines très grisouteuses seraient plus parti-

culièrement exposées aux dégagements instantanés : ce serait là un grand résultat. Tous ceux qu'intéresse la sécurité des mines de houille sauront gré à M. Van den Broeck de son initiative, qui peut-être sera le point de départ d'un progrès important dans la lutte contre ce terrible ennemi du houilleur, le grisou. Le proverbe dit : *Un homme prévenu en vaut deux*. En matière de mine et surtout en matière de grisou, la proportion est bien plus grande. Elle est inappréciable.

L'Installation des sièges d'extraction à grande profondeur (1). — A mesure que les parties supérieures des couches s'épuisent ou que l'on met à fruit des gisements recouverts par des épaisseurs considérables de morts-terrains, la profondeur des puits d'extraction augmente. Nombre de puits en Belgique extraient à des profondeurs de six et sept cents mètres; plusieurs même vont jusque mille et onze cents mètres.

Le problème des fortes productions à grande profondeur préoccupait depuis longtemps déjà les exploitants. La science de l'ingénieur ne devait pas demeurer impuissante devant ces difficultés, et depuis quelques années plusieurs installations importantes ont été aménagées, résolvant pratiquement le problème.

M. Tomson, qui a été amené à diriger une de ces installations à la mine Preussen près de Dortmund, en a fait l'objet d'une conférence très intéressante aux séances techniques du Cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége.

Il recommande, pour le creusement du puits, le fonçage à niveau vide, autant que l'extraction des eaux au moyen de tonnes le permet; et lorsque ce procédé n'est plus possible, le fonçage à niveau plein, système Chaudron avec cuvelage en acier.

Le système de guidonnage Briart est le meilleur. Il a fait ses preuves dans nombre de mines; mais il convient particulièrement pour les grandes profondeurs, qui exigent de grandes vitesses lorsque la production est importante.

Les dispositions des chargeages et galeries de contour des puits ont aussi beaucoup d'importance. Ils doivent être combinés de façon à réduire autant que possible la durée du trait et à éviter toute interruption dans l'extraction. C'est dans le même ordre d'idées qu'il préconise le chargement et le déchargement des cages d'extraction aux divers étages au moyen d'ascenseurs

(1) REVUE UNIVERSELLE DES MINES, t. XLI, fév. et mars 1998.

hydrauliques de son système. Ces appareils, très bien combinés, suppriment les manœuvres aux recettes et permettent de réduire au minimum le temps d'arrêt des cages d'extraction, avec un personnel restreint. Il en résulte une économie importante dans les frais d'extraction.

Le meilleur type de châssis à molettes, pour une installation importante, telle que celle du siège Preussen, est le type anglais, avec poutres en profilés d'acier doux. Cette charpente présente beaucoup de solidité et laisse du dégagement aux abords du puits.

A partir de 800 mètres de profondeur, les câbles doivent être ronds, en acier dur et équilibrés au moyen de tambours spiraloïdes. La comparaison des câbles plats en aloès avec les câbles ronds en acier donne, d'après l'auteur, l'avantage à ces derniers.

Par suite de leurs fortes dimensions les tambours, au lieu d'être juxtaposés sur le même arbre, dont la portée serait trop forte, sont répartis sur deux arbres distincts et parallèles attaqués par une machine à deux cylindres et à haute pression. La transmission du mouvement aux arbres des tambours se fait par l'intermédiaire de balanciers.

M. Tomson conseille également la concentration de la force motrice du charbonnage en de fortes machines transmettant la force motrice aux divers appareils de la surface et du fond.

Pour l'exhaure, l'emploi des machines souterraines, mues directement par la vapeur, doit être abandonné aux grandes profondeurs dépassant 750 mètres, par suite de la condensation trop importante qui se produit dans les conduites. L'auteur préconise pour ce cas les pompes souterraines avec moteurs électriques ou des moteurs hydrauliques à très haute pression.

Cette étude intéressante de M. Tomson présente une solution complète de l'extraction à grande profondeur, et le siège Preussen des mines de Gneisenau, qu'il a établi d'après ces principes, peut être cité comme un modèle du genre.

Les richesses minérales de la Chine (1). — Les événements qui se produisent en ce moment en Extrême-Orient donnent un intérêt tout spécial à l'étude de la richesse minérale du Céleste-Empire. M. Duclot en a exploré plusieurs provinces méridionales, et a pu constater l'importance et la variété des gisements dont les procédés industriels et le commerce européen pourront

(1) COMPTES RENDUS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

tirer de larges profits s'ils parviennent à se développer dans ces régions.

Le fer et la houille notamment existent à peu près partout en très grande abondance, et on y rencontre également le cuivre, le plomb, le zinc, l'étain et aussi le mercure, l'argent et l'or ainsi que le sel et le gypse qui sont très répandus.

Les procédés et le matériel d'exploitation sont des plus primitifs. — Les veines ou les filons sont attaqués à flanc de coteau, et les travaux d'exploitation sont forcément très limités, faute de moyens d'épuisement et d'aérage ; très souvent aussi, parce que les exploitants manquent de fonds, cause principale de la déchéance de l'industrie minière dans ce pays.

Autrefois les mandarins faisaient des avances de fonds aux exploitants.

Pour la métallurgie comme pour les mines, l'application de méthodes scientifiques fait défaut et la pénurie d'outillage industriel laissera encore pendant longtemps improductive la plus grande partie des richesses minérales de ce pays, si la Chine ne se mêle pas bientôt *d'une manière ou d'une autre* au concert des nations civilisées. Il semble que depuis quelque temps son gouvernement veuille entrer dans cette voie, notamment par la création de plusieurs lignes importantes de chemins de fer qui seront, là comme partout, le point de départ pour la mise à fruit des richesses minérales et le développement de la civilisation.

Le Bassin houiller belge (1). — C'est le titre d'une conférence faite par M. Smeysters, ingénieur en chef au Corps des Mines belges. Il expose, dans le détail, les procédés qui ont été employés pour dresser la carte générale des mines des bassins belges, à laquelle il a collaboré, et qui venait élucider les nombreuses controverses que soulevaient la structure de notre bassin houiller et la synonymie des couches qu'on y exploite. L'auteur décrit ensuite l'aspect général du bassin du Hainaut et le régime des principales fractures qui l'affectent et dont il établit les relations réciproques et l'ordre chronologique.

Il montre comment l'étude des failles, et en particulier de la faille d'Ormont, permet de conclure au prolongement du terrain houiller exploitable à une assez grande distance sous le calcaire carbonifère, distance plus importante qu'on ne l'avait supposé d'abord, et qui, d'après nos connaissances actuelles, dépasserait un kilomètre.

(1) BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Les failles de refoulement dans le Bassin houiller du Hainaut (1). — Le jury, chargé par le gouvernement belge de décerner le prix décennal des sciences minéralogiques en 1897, pour la période de 1892-1897, a attribué ce prix à M. Briart, dont les publications géologiques et les travaux d'ingénieur sont si hautement appréciés. — C'est son mémoire sur *la Géologie des environs de Fontaine-l'Évêque et de Landelies* qui a été couronné.

Le rapporteur du jury, M. le chanoine de Dorlodot, en a fait l'analyse et la critique. Il s'attache à montrer, dans les idées exposées par M. Briart sur ce problème très compliqué de géologie locale, l'originalité et le cachet hautement scientifique de la théorie où il explique l'origine des lambeaux isolés et leurs rapports avec la faille du Midi. Cette théorie nouvelle est venue depuis en aide à d'autres géologues pour expliquer des faits analogues observés vers l'Est par M. de Dorlodot; et dans le bassin de Valenciennes par M. Marcel Bertrand, qui conclut, d'après ces vues, à une richesse houillère beaucoup plus grande qu'on ne le croyait dans cette région.

V. LAMBIOTTE.

SCIENCES AGRICOLES

—

Nous avons exposé dans nos précédents bulletins les utiles réformes réalisées par le Ministère de l'Agriculture en Belgique, de 1885 à 1896.

Il est intéressant de mesurer le chemin parcouru depuis deux ans tant par l'initiative privée, stimulée par les subsides gouvernementaux, que par l'administration de l'agriculture.

Enseignement agricole ; Laiteries coopératives. — La presse a été unanime à louer les efforts tentés depuis dix ans pour développer dans tous nos centres agricoles l'art de traiter le lait d'une façon rationnelle, suivant les procédés scientifiques qui ont relevé rapidement l'industrie agricole dans d'autres pays, comme le Danemark.

(1) ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE.

Depuis l'ouverture de la première école volante de laiterie à Soumagne et de l'école pratique de Wevelghem-lez-Courtrai (1890), plus de *mille* jeunes filles ont obtenu le diplôme de capacité et ont répandu dans tout le pays les connaissances spéciales nécessaires pour l'établissement des laiteries coopératives.

En 1897, le Gouvernement a créé à Deurle et à Hansbeke les premières écoles de laiterie pour hommes; cette année s'ouvrira, à Gembloux, une station laitière complètement outillée avec cours de laiterie permanents.

De plus, le Gouvernement, en développant dans une large mesure le service d'inspection des denrées alimentaires et en encourageant les efforts des sociétés d'exportation du beurre, s'est attaché à relever la réputation des produits de la laiterie belge à l'étranger, notamment en Angleterre et à réprimer la fraude à l'intérieur du pays.

Enseignement agricole. — On sait que, d'après les déclarations faites à la Chambre par M. le Ministre de l'Agriculture, des cours d'adultes de 15 ou 30 leçons *spécialement adaptés aux cultures spéciales de chaque région*, ont été donnés dans presque toutes nos communes rurales et suivis par plus de CENT MILLE auditeurs de 1888 à 1898.

Auparavant, de 1884 à 1888, 5835 conférences avaient été données dans plus de mille communes, sans compter les nombreux cours de culture maraîchère, d'arboriculture fruitière, de maréchalerie et d'apiculture.

Notons en passant que ces derniers cours, demandés partout aujourd'hui, ont contribué pour une part sérieuse à développer le goût des sciences d'observation dans nos campagnes, non seulement parmi nos cultivateurs, mais parmi les propriétaires et les instituteurs qui ont prêché d'exemple. Enfin, des cours élémentaires d'agronomie ont été organisés dans 28 athénées et écoles moyennes, dans 20 institutions libres, dans plusieurs villes de garnison pour les miliciens originaires de la campagne.

Cette dernière innovation a été suivie depuis lors par plusieurs grandes nations de l'Europe et vivement encouragée par certains souverains.

Plus de 500 élèves reçoivent annuellement une éducation professionnelle soignée dans les *écoles ménagères agricoles* dirigées avec tant de zèle et de dévouement par des religieuses enseignantes.

L'État vient de créer, à Overyssche, dans les vastes locaux du

pensionnat si admirablement situé sur le plateau qui domine la forêt de Soigne, une école supérieure de fromagerie, et subsidiera probablement dans des conditions analogues l'école ménagère agricole d'Héverlé près Louvain, dont les installations sont plus remarquables encore.

Plus de *dix millions* ont été consacrés depuis 14 ans à la diffusion de ces diverses branches de l'enseignement agricole.

En ce qui concerne l'enseignement supérieur, dont le niveau a été singulièrement relevé par la création de nouveaux cours, de superbes laboratoires, de serres de cultures expérimentales, nous n'avons plus rien à envier aujourd'hui aux plus célèbres écoles de l'étranger.

Les conditions d'admission à ces écoles sont devenues beaucoup plus sérieuses, notamment à l'école Vétérinaire de l'État, où l'on exige, à l'entrée, le programme de candidat en science préparatoire au doctorat. Contrairement aux prédictions pessimistes de certains augures, ces exigences n'ont pas diminué sensiblement le nombre d'élèves et contribuent à relever singulièrement dans nos campagnes le prestige de la profession vétérinaire.

Police sanitaire des animaux domestiques. — A la suite du voyage que fit, en 1890, en Allemagne M. De Bruyn, ministre de l'Agriculture, avec M. Proost, inspecteur général, la police sanitaire des animaux domestiques fut complètement réorganisée.

Un inspecteur vétérinaire fut spécialement attaché au service de l'administration centrale pour diriger les efforts des inspecteurs provinciaux (1).

En 1896, fut pris le règlement relatif au marquage des bêtes bovines (volontairement adopté en Suisse par tous les cantons) à la suite du règlement concernant les mesures de police contre la tuberculose bovine, qui contribuera certainement, de l'avis des hygiénistes les plus éminents de l'étranger, à diminuer en Belgique la mortalité causée par cette terrible maladie. Grâce à l'initiative du Gouvernement, les cas de charbon ont sensiblement diminué et la pleuropneumonie des bêtes à cornes n'est plus à craindre.

Élevage. — Peu après l'institution des comices agricoles par

(1) M. le Dr Stubbe, élève de M. le professeur Carnoy, vétérinaire et docteur en médecine, membre de l'Académie de Belgique.

le ministre Charles Rogier, en 1847, l'administration de l'agriculture, frappée des résultats obtenus par les éleveurs anglais au point de vue de la création et de l'amélioration des races de chevaux et de bétail, envoya diverses commissions en Angleterre pour acheter de bons reproducteurs et des types de races pures. Les résultats obtenus par ces commissions furent médiocres en ce qui concerne particulièrement les races de bétail.

L'introduction des *Durhams* dans nos diverses provinces a donné lieu à des croisements dont les résultats n'ont pas été heureux, sauf dans quelques régions agricoles, comme la province de Namur.

Au lieu de se préoccuper surtout d'améliorer *la race par la race* en étudiant à fond les principes de la sélection artificielle et de l'alimentation rationnelle, les comices se bornèrent, pour la plupart, à tenter l'essai que le Gouvernement leur offrait de faire à bon marché et laissèrent dégénérer de plus en plus nos races de bétail, tandis que ces races ou, plutôt, la race de chevaux belges s'améliorait insensiblement, surtout dans ces derniers temps, grâce à l'initiative de quelques éleveurs expérimentés, secondés par le Gouvernement.

On a pu voir notamment l'an dernier, au grand concours de Tervueren, les magnifiques résultats obtenus dans cette voie. Seul le cheval *ardennais* a été sacrifié complètement aux exigences du commerce qui demande de l'*étoffe* et du *poids*; c'est un tort, selon nous, parce que ce petit cheval de montagne, produit du sol et du climat, c'est-à-dire de la *sélection naturelle*, présentait des qualités de résistance qui manquent aux chevaux de plus belle apparence; et l'on ne doit pas oublier que les conditions économiques et les exigences des marchés se transforment.

Syndicats. — Toutefois, le Gouvernement paraît disposé à favoriser aujourd'hui le développement d'un syndicat pour la régénération et l'amélioration du cheval ardennais dont les ancêtres ramenèrent de Russie les derniers canons de l'empereur Napoléon.

De même, le Gouvernement actuel se préoccupe vivement d'améliorer nos races de bétail, comme l'attestent : 1° l'institution d'une commission d'études pour les questions relatives à l'élevage de ces races, 2° l'institution d'un comité *permanent* pour l'étude de toutes les questions relatives à cet objet, comme à l'élevage du cheval; et enfin, 3° la dernière circulaire ministérielle (1898) relative à l'organisation et au fonctionnement des sociétés de *Herdbook* et des syndicats d'élevage.

Il est à remarquer que l'initiative des sociétés libres comme les *Boerenbond* etc., a prévenu et stimulé celle des comices; aussi ces associations demandent-elles avec raison, d'être mises sur le même pied que les anciens comices, au point de vue de la répartition de la manne gouvernementale.

L'an dernier, l'administration de l'agriculture a donné de nouvelles instructions relatives aux cours d'adultes, prescrivant que dorénavant les leçons devront porter surtout sur les syndicats d'élevage, l'alimentation rationnelle du bétail, les coopératives de laiterie, l'assurance mutuelle contre la mortalité du bétail, le crédit agricole, la comptabilité, etc.

Pour atteindre ce but, on vient de décider l'institution d'une catégorie spéciale de conférenciers agricoles, qui, sous le nom d'aides temporaires, seront chargés non seulement de donner l'enseignement, mais d'entreprendre, de commun accord avec les agronomes de l'État, une campagne de vulgarisation en vue de multiplier les institutions agricoles libres, telles que les caisses Raiffeisen, les laiteries coopératives, les sociétés d'assurance du bétail, etc.

Un arrêté ministériel a organisé également des conférences sur l'exportation des produits de la ferme et a créé, au département de l'agriculture, une section spéciale des associations agricoles, chargée de leur fournir tous les renseignements utiles à leur organisation et à leur administration. Ce service publie tous les ans des statistiques sur leurs opérations et leur situation, afin de mettre en lumière toute l'importance de ces institutions.

Crédit agricole. — Pendant ces trois dernières années, le Gouvernement a pris de nombreuses mesures en vue de la diffusion du *crédit agricole*. On peut signaler notamment : 1° les multiples conférences qu'il a fait donner sur cet objet; 2° l'institution, au sein des comices, de sections d'études et de propagande qui, dans certaines contrées, ont fait éclore un grand nombre de caisses Raiffeisen; 3° la distribution de milliers de brochures concernant le crédit agricole et particulièrement du manuel élaboré par la Caisse générale d'épargne; 4° allocation de fonds de premier établissement aux caisses Raiffeisen et aux caisses centrales de crédit agricole. Les sommes affectées à cet objet se sont élevées, en 1896, à 10 000 fr.; 5° délivrance gratuite de livrets de membres à toutes les caisses Raiffeisen régulièrement constituées. Il existe actuellement 200 caisses Raiffeisen et 6 caisses centrales de crédit agricole.

Depuis 1895, le Gouvernement a contribué efficacement au développement de l'assurance libre du bétail, en faisant donner de nombreuses conférences et en distribuant des milliers de brochures sur ce sujet. Le département de l'agriculture a publié des statuts-modèles et un manuel à l'usage des sociétés poursuivant cet objet. Grâce à ces documents, envoyés gratuitement à toutes les personnes qui en font la demande, pendant les six derniers mois, plus de cent sociétés ont pu être légalement reconnues. L'organisation des sociétés d'assurance du bétail est favorisée par des fonds de premier établissement qui leur sont alloués et la distribution des livrets de membres que le département de l'agriculture donne à toutes les mutualités de l'espèce reconnues.

En 1897, les subsides accordés à ces sociétés se sont élevés à 45 000 francs. Rien d'étonnant, dans ces conditions, que le pays possède actuellement plus de 500 de ces utiles institutions.

Police rurale. — Les Chambres ont voté, l'an dernier, une loi visant à réprimer le vagabondage et la mendicité toujours croissants dans nos campagnes. Depuis la mise en vigueur de la loi Lejeune qui empêchait de poursuivre sérieusement les enfants au-dessous de 15 ans, certains centres agricoles ont vu se multiplier singulièrement les attentats contre la propriété ; certaines familles vivaient littéralement du produit des vols de leurs enfants, déclarés trop légèrement irresponsables.

D'autre part, en dépit des gendarmes et des gardes champêtres, dont le nombre est insuffisant, et des interdictions de mendier, affichées à l'entrée de toutes les communes rurales, le nombre des vagabonds et des mendiants se multiplie d'une façon véritablement inquiétante. Nous doutons fort que la nouvelle loi remédie sérieusement à ce fâcheux état de choses, parce que, comme l'a déclaré à la Chambre des députés M. le Ministre de l'Agriculture, l'organisation de la police rurale a été par trop négligée jusqu'ici. C'est pourquoi tous les règlements et arrêtés visant par exemple la protection des oiseaux, la destruction des insectes nuisibles, le hannetonnage, l'échenillage, l'échardonnage sont lettres mortes dans beaucoup de communes où le bourgmestre dépend de ses administrés électeurs (1).

(1) Un grand propriétaire des environs de Louvain nous écrit à ce sujet :

" Le braconnage prend une regrettable extension. Au printemps les enfants dénichent et massacrent des milliers de petits oiseaux.

Il n'en est pas de même en Allemagne et en Hollande. Dans ce dernier pays, les juges de paix disposent d'un agent spécial qui surveille de près l'exécution des règlements et des lois dans le canton et peut requérir l'aide de la gendarmerie. Il est plus que temps, nous le répétons, de prendre des mesures analogues dans notre pays, comme l'avait proposé du reste depuis longtemps le service spécial de l'inspection de l'agriculture, aujourd'hui supprimé comme service distinct, depuis le rétablissement de la direction générale.

Utilisation des eaux d'égout. — La question de l'utilisation des eaux d'égout par l'agriculture, qui préoccupe depuis si longtemps nos ingénieurs et nos agronomes et que nous avons traitée déjà dans plusieurs bulletins antérieurs, notamment en 1877, tome deuxième de la REVUE, p. 334 et suivantes, est plus que jamais à l'ordre du jour. La thèse que nous avons soutenue à cette époque, à savoir que le système d'*épuration par le sol* est le meilleur, le plus hygiénique et le plus pratique, n'est plus même discutée aujourd'hui.

Dans le n° 20 de la TECHNOLOGIE SANITAIRE, M. Bechmann, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, déclare en effet qu'aujourd'hui, après maints essais de traitement *artificiel*, *physique* ou *chimique* des eaux d'égout, on est d'accord pour reconnaître qu'aucun de ces procédés hautement vantés par leurs inventeurs n'a donné autre chose qu'une épuration très incomplète, et l'on songe aujourd'hui à s'adresser aux *bactéries* du sol, qui exercent une combustion lente mais complète par leurs fonctions *aérobies*, même pour opérer le traitement *artificiel* quand on ne dispose pas de surfaces suffisantes de terrains, ou que ces terrains ne se prêtent

„ En temps de chasse, la tenderie se fait d'une façon inconsciente et destructive ; — on ne fait aucune distinction entre les oiseaux insectivores et ceux qui ne le sont pas.

„ Les gardes champêtres ne voient rien ! les gendarmes en nombre insuffisant font leur service le long de nos routes vicinales, et pendant ce temps les délits ne cessent de se produire.

„ Je vise notamment Aerschot et ses environs.

„ En effet, telle que cette police se fait maintenant dans les trois quarts de nos villages, elle ne répond en rien à ce que le propriétaire foncier est en droit d'en attendre, et c'est peut-être même l'une des causes pour lesquelles certains de ces propriétaires ont préféré se faire propriétaires d'actions ou d'obligations de Bourse, et devenir de vulgaires spéculateurs, au détriment de nos campagnes *sans protection !* „

pas bien à l'oxydation. Ainsi l'on a été amené, en Angleterre, à construire des filtres intermittents qui permettent d'obtenir le traitement d'un mètre cube d'eau d'égout par mètre carré de surface. Dans ces conditions, il suffirait de 75 hectares environ pour traiter la totalité des eaux d'égout de Londres. " Tous les hygiénistes anglais reconnaissent, dit M. Bechmann, que l'apparition de ce nouveau mode de traitement artificiel constitue un événement important dans l'histoire de l'assainissement des villes. „

Nous engageons vivement les lecteurs de la REVUE qui en possèdent la collection complète, à relire ce que nous avons publié à ce sujet en 1877. Ils y trouveront l'historique de la question dont la solution n'a guère avancé d'un pas depuis cette époque, parce qu'on n'a cessé de discuter une vérité qui est universellement admise aujourd'hui; notamment pages 336 et 334, ils pourront relever ces passages :

" *Mais si les impuretés les plus dangereuses ne peuvent être enlevées par des moyens chimiques ou mécaniques*, l'irrigation, conduite avec intelligence, permet d'atteindre parfaitement ce but.

„ Les matériaux purificateurs, chaux, alumine, oxyde de fer, existent naturellement dans le sol et enlèvent, par attraction de surfaces, toute la matière polluante dissoute ou suspendue. Ces bases poreuses du sol attirent et condensent également l'oxygène de l'air, comme une éponge de platine, et provoquent ainsi la combustion des substances hydrocarbonées et ammoniacales du sewage. Le carbone se transforme en acide carbonique, l'ammoniaque en nitrate, dont l'innocuité dans les eaux est reconnue. Ainsi le dosage des acides nitrique et carbonique permet de déterminer avec précision la nature et le degré des pollutions des rivières, car l'azote indique une pollution animale, et le carbone, une pollution végétale....

„ *Ici encore nous retrouvons dans la combustion des matières organiques par le sol, l'action de ces ferments vivants et microscopiques* qui semblent intervenir dans tous les grands phénomènes de la vie et de la mort. Les expériences de MM. Th. Schlœsing et A. Müntz montrent, en effet, que l'épuration des eaux d'égout s'établit dès le premier jour de l'irrigation, sous l'influence de ces organismes. La preuve, c'est qu'il suffit de suspendre la vie des ferments par des vapeurs de chloroforme pour que la nitrification s'arrête aussitôt. La découverte des propriétés purificatrices que ces organismes prêtent au sol arable est appelée à exercer une influence considérable à la fois sur l'hygiène publique et *sur la prospérité agricole*. „

Le microbe de la pleuropneumonie contagieuse. — L'Institut Pasteur vient de réaliser une découverte des plus curieuses et des plus importantes, vainement poursuivie jusqu'ici par les microbiologistes et les chimistes ; nous voulons parler du microbe de la pleuropneumonie contagieuse du bétail, ce fléau aujourd'hui conjuré chez nous par l'inoculation du vaccin Willems et Van Kempen.

En 1880, MM. Bruylants et Verriest, professeurs à l'Université de Louvain, soumirent à l'Académie de médecine de Belgique un mémoire sur le microbe de cette maladie qu'ils croyaient être un *micrococcus* dont la limite de résistance à la chaleur se trouvait entre 50 et 60° et animé de mouvements parfois très vifs.

MM. Roux et Nocard viennent de trouver le microbe authentique dans les conditions suivantes :

Partant de cette hypothèse que plusieurs espèces d'animaux sont réfractaires à cette maladie, non parce que leur lymphe est impropre à la culture du microbe mais parce que leurs *phagocytes* les dévorent, on remplit de bouillons stérilisés contenant les microbes virulents de petits sacs très minces de *collodion* et hermétiquement clos que l'on introduisit ensuite dans le péritoine de lapins, de cobayes, etc.

A travers cette membrane des phénomènes d'endo-exosmose se produisirent, comme on l'avait prévu, et bientôt les petits sacs contirent un liquide de composition analogue à celui du milieu séreux du péritoine ; seulement on constata que les toxines sécrétées par le microbe emprisonné sont éliminées en grande partie sans doute sous l'action des phagocytes entourant les petits sacs, dont la fonction consisterait à aspirer les toxines en quelque sorte.

Quoi qu'il en soit, lorsque l'on inocula ensuite, le liquide contenu dans les petits sacs donna le résultat espéré, constitua un vaccin et on y découvrit de très petites granulations paraissant animées d'un mouvement propre.

Ce microbe se trouve à l'extrême limite de la visibilité et avait échappé jusqu'ici aux observations des plus forts micrographes.

Ce qui expliquerait pourquoi la lymphe des vésicules de la *fièvre aphteuse* qui fait encore tant de ravages dans nos *Pays-Bas*, peut passer à travers un filtre de porcelaine sans perdre sa virulence, ainsi que M. Lœffler l'a démontré.

Si le *microbe* de la pleuropneumonie est encore arrêté par ces filtres, on peut croire, en effet, qu'il n'en est pas de même

d'autres espèces plus petites encore ; car la limite de notre vision ne peut être la limite de la vie.

M. le Dr Charles Repin, attaché à l'Institut Pasteur, auquel nous empruntons ces renseignements, affirme que M. Roux espère retirer de la nouvelle culture une *toxine* capable de déceler les animaux atteints de péripneumonie *au début*, comme le fait la tuberculeuse pour la tuberculose.

Aimé Girard. — Le monde industriel et agricole déplore la mort inopinée d'un savant chimiste et agronome français, M. Aimé Girard, dont les dernières recherches sur la culture *intensive* de la pomme de terre ont été fort remarquées.

Les données que possédait la science agricole au sujet de la restitution des éléments enlevés au sol par cette culture étaient devenues insuffisantes.

M. Aimé Girard a publié, l'an passé, les conclusions de ses dernières recherches aux champs d'expérience de Joinville-le-Pont et au laboratoire de l'École des Arts et Métiers (BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'AGRICULTURE DE FRANCE).

Les travaux de M. Girard sur les fibres végétales, sur le blé, les farines, le pain, la fabrication du sucre, les liqueurs fermentées sont devenus classiques, comme le constatait son collègue M. Schloeting devant la tombe du très regretté professeur, qui n'était pas seulement un savant aimable et aimé de tous ceux qui l'approchaient, mais en même temps un croyant sincère, un excellent catholique, en dépit des exigences du milieu rationaliste dans lequel il vivait. Des députations des nombreuses associations charitables et religieuses qu'il secourait accompagnaient sa dépouille mortelle au Père-Lachaise, à la suite de nombreuses députations de sociétés scientifiques et de l'Académie.

M. Aimé Girard s'intéressait particulièrement au rapide progrès de la science agricole dans nos campagnes, depuis l'avènement du parti conservateur en Belgique ; il suivait de près les résultats de nos champs d'expérience, les analyses du sol par la plante et les analyses physico-chimiques des terres arables, effectuées sous la direction de notre service technique agricole depuis 12 ans. Il n'hésitait pas à déclarer que nous avions marché plus vite que la France dans cette voie féconde ouverte par la science et lisait avec un vif intérêt les bulletins officiels de l'agriculture, dont la plupart de nos cultivateurs paraissent ignorer jusqu'à l'existence.

V. D. B.

ASTRONOMIE (1)

—

LA LUNETTE DE L'EXPOSITION DE 1900

L'Exposition annuelle de la Société française de Physique toujours si intéressante, si instructive, nous a conduits à Paris la semaine de Pâques. Nous eûmes le plaisir d'y rencontrer le R. P. de Beaurepaire, S. J., le nouveau directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei (Chine). Entre autres gracieuses invitations, le P. de Beaurepaire nous proposa de nous présenter à M. Gautier, l'éminent constructeur, l'artiste ayant rang de titulaire au Bureau des Longitudes, le successeur des Gambey et des Brunner. Nous ne nous fîmes pas prier, et le soir même, nous étions boulevard Arago, 56. Un accueil plein de bienveillance nous y attendait et, à un désir, un souhait timidement insinué, M. Gautier répondit en nous offrant le vendredi après-midi pour la visite de ses ateliers. Nous savions que l'artiste travaillait à la grande lunette de 60 mètres ; qu'il était même à la veille de terminer le polissage de l'énorme miroir de son sidérostat, le clou de l'Exposition de 1900. Quelle bonne fortune de voir ces pièces superbes sur le métier !

Le vendredi, M. Gautier, avec cette amabilité qui ne compte pas les instants où elle fait plaisir, consacra plus de trois heures à nous montrer tout dans le détail. Quant à nous, nous pensions aux lecteurs de la REVUE : les renseignements que nous entendions n'avaient encore été publiés nulle part, et c'est une primeur que nous avons le plaisir d'offrir aujourd'hui à nos lecteurs. Que M. Gautier veuille bien en accepter ici tous nos remerciments.

Nous fûmes reçus par l'éminent artiste dans le petit cabinet vitré d'où il préside au travail de son... laboratoire. Car enfin, où voit-on, si ce n'est dans un laboratoire scientifique, le travailleur s'isoler dans une enceinte à double paroi, presque adiabatique, et prendre garde à une variation de température d'un dixième de degré, puis s'armer du nicol, observer des anneaux de diffrac-

(1) Nous supprimons le *Bulletin de Chimie* qui devait paraître ici pour faire place à une actualité dont on veut bien nous offrir la primeur, mais que nous avons reçue trop tard pour l'insérer dans la première partie de la livraison.

tion pour contrôler la besogne, ailleurs se soucier qu'une passe de son outil produise une dilatation irrégulière dans l'arbre qu'il est en train de cylindrer, — que sais-je encore ?

Sur la table s'allongeait une réduction du réfracteur de 60 mètres de longueur et de $1^{m},50$ de diamètre. Auprès de ce colosse, les géants des observatoires américains Lick en Californie et Yerkes dans le Wisconsin, ne seront plus que des nains. Leurs objectifs ont respectivement 93 et 107 centimètres et leur longueur, presque la même, n'est que d'une vingtaine de mètres.

Comme tous les équatoriaux, le télescope Yerkes est juché sur un pilier de 13 mètres, et obéit aux impulsions d'un mouvement d'horlogerie ou de moteurs électriques gouvernés par l'observateur; il se dirige avec une douceur et une précision étonnantes en ascension droite et en déclinaison.

Il ne peut être question d'établir la lunette de 60 mètres au sommet d'un piédestal de plus de 30 mètres de hauteur et de l'y rendre mobile dans toutes les directions. La solution ici est plus simple. Au lieu de la tourner vers les différentes parties du ciel, on fera défiler celles-ci devant la lunette immobile. Au surplus, la construction d'un tube de ces dimensions, suffisamment rigide pour ne pas fléchir considérablement sous son propre poids, présenterait des difficultés peut-être insurmontables.

La lunette formée de 24 pièces de $2^{m},40$, réunies par des boulons, sera donc établie horizontalement sur un certain nombre de piliers. Elle regardera le ciel dans le miroir d'un énorme sidérostat de Foucault. Mobile à la façon d'un équatorial, ce miroir peut montrer à la lunette les diverses régions de la voûte céleste et, sous la commande d'un mouvement d'horlogerie à régulateur, lui renvoyer, toujours suivant l'axe optique, les rayons d'un astre accomplissant sa course diurne d'Orient en Occident.

Les avantages de ce dispositif sont considérables. La fixité de la lunette permet de lui donner des dimensions très grandes avec des difficultés mécaniques plutôt moindres. Le pied parallactique et le mouvement d'horlogerie nécessaires pour soutenir et gouverner l'effrayante masse sont remplacés par des pièces, puissantes encore, mais beaucoup moins sans comparaison.

Le majestueux édifice au dôme tournant est rayé du devis. Enfin le plancher-ascenseur qu'à Lick et à Yerkes il avait fallu substituer à la chaise d'observation en échafaudage roulant, et dont la course, dans notre cas, aurait été de plus de 30 mètres, n'a plus raison d'être... ni, par suite, de s'effondrer comme, ces derniers temps, à *Yerkes Observatory*.

Les plus grands miroirs plans construits jusqu'ici sont ceux que les frères Henry ont polis pour l'équatorial coudé de l'Observatoire de Paris. Ils ont l'un 30 centimètres, l'autre 90 centimètres de diamètre. C'est beaucoup eu égard aux graves difficultés du travail. — Il avait fallu attendre un Léon Foucault pour les voir vaincues. — Ce serait peu en face d'un objectif de $1^m,25$ de diamètre. On s'arrêta à un miroir de 2 mètres de diamètre; on ne pouvait guère se contenter de moins. La surface à polir devenait donc près de cinq fois plus grande que la limite atteinte précédemment. Et avec une épaisseur de 30 centimètres, on arrivait à un poids de 3600 kilos.

Les glaceries de Saint-Gobain refusèrent d'entreprendre la coulée d'un pareil disque. Elles ne fondent que par pochées de 1000 kilos. Il aurait fallu une installation spéciale. On exigeait une provision de 200 000 fr. sans pouvoir répondre du succès.

A la suite de ce refus, l'entreprise fut abandonnée pendant deux ans.

Sur ces entrefaites, M. Despret. directeur des Glaceries de Jeumont, offrit de fournir le disque à forfait. On accepta et l'on se mit à l'œuvre. Douze disques furent coulés. Le premier était réussi ; les onze suivants ne valurent rien.

La difficulté n'est évidemment pas d'obtenir un disque d'une limpidité parfaite ; il s'agit d'un miroir, la première surface seule aura un rôle à jouer. Mais cette surface doit pouvoir être obtenue parfaitement plane et, par suite, doit être fournie à l'opticien d'une dureté, d'une trempe aussi faible et aussi uniforme que possible. La vérification de cette condition se fait au nicol. Le premier disque, nous l'avons dit, fut trouvé parfait.

Quand nous vîmes cette superbe pièce, le travail de douci en était commencé depuis plus de sept mois. On aurait pu le considérer comme terminé. Mais l'artiste a sa coquetterie. Il restait quelques raies légères, imperceptibles, inoffensives. N'importe ; elles devaient disparaître, fallût-il y mettre encore quinze journées de travail! Le doucissage prépare la glace au polissage proprement dit. Ce dernier travail est aujourd'hui (13 juillet) commencé depuis vingt jours. Il en faut encore à peu près autant pour qu'il soit complètement terminé.

Et quel est donc le procédé de travail? Les retouches locales de Foucault ont eu leur renommée, une grande et légitime renommée. Mais ce n'est, en somme, qu'une méthode par approximations successives : à une irrégularité, on substitue un grand nombre d'irrégularités moindres. M. Gautier voulut atteindre la

planéité parfaite — et, pour les lentilles, la surface de révolution impeccable. Il y réussit par des moyens purement mécaniques mais d'une délicatesse admirable.

Nous voici en présence de la machine à roder. Sur un socle de fonte, carré, de $2^m,50$ de côté, s'élèvent quatre solides piliers. En haut de ces piliers reposent deux glissières parallèles et sur celles-ci va et vient l'équipage soutenant le plateau rodoir, surface polissante en dessous. Là, entre les piliers, au niveau du socle d'où il émerge, le disque à l'œuvre tourne porté sur une table de fonte horizontale. Le plateau rodoir n'agit pas directement sur la surface du miroir. Il voyage à une certaine distance de cette surface, y faisant rouler une boue d'un émeri plus ou moins fin. L'émeri est. au début, assez grossier; on le prend plus fin à mesure que gagne le poli et le plateau rodoir est descendu, chaque fois, tout juste assez près pour faire toujours rouler l'émeri. Le vendredi de Pâques, le plateau rodoir voyageait à environ *1/50e de millimètre* de la surface du miroir !

Pour que le travail soit parfait, il est nécessaire d'abord que les glissières soient d'une rectitude irréprochable. On mit six mois à les planer. Il faut alors les ajuster dans un parallélisme aussi mathématique que possible entre elles, avec la surface du plateau rodoir et avec le rebord de la table horizontale sur laquelle le disque à travailler est posé. Enfin chaque région du miroir devra subir uniformément l'action du plateau et de l'émeri.

Le lecteur voit déjà comment cette dernière condition est réalisée dans l'appareil de M. Gautier. Le plateau a un diamètre de $1^m,20$, sa course est de $1^m,40$, de telle sorte que le plateau dans son mouvement couvre une bande large de $1^m,20$ et longue de $2^m,60$. Cependant le miroir tourne, présentant à l'action de l'outil des régions continuellement et périodiquement renouvelées.

Reste donc le point délicat : conserver le parallélisme des surfaces, après qu'il a été réalisé.

Le réglage se fait au sphéromètre; le plan du miroir et la surface de l'outil rodoir doivent être parallèles à *un millième de millimètre* près. Cela fait, on met en marche. Et le lendemain avant la reprise du travail, le parallélisme est vérifié au même degré de précision.

Pour examiner alors l'état de la surface travaillée, on installe d'un côté de la machine à roder, à quelque distance de la surface et un peu plus haut, une lampe dont la flamme cachée par une cheminée métallique n'envoie de lumière que par quatre ouver-

tures dont les diamètres varient entre 2 millimètres et 1/50e de millimètre. Ces points lumineux sont observés par réflexion sur la surface polie dans une petite lunette placée de l'autre côté de la machine. L'axe optique de la lunette fait avec le miroir un angle d'environ 4°, de façon à en embrasser d'un coup toute l'étendue. L'oculaire est mis au point sur l'ouverture de 2 millimètres d'abord. Si le travail est réussi, il faut que, si l'on sort du foyer, en poussant ou retirant l'oculaire, l'image s'étale en anneaux parfaitement circulaires. La planéité est d'autant plus parfaite que le miroir supporte cette épreuve avec un point lumineux de dimensions plus restreintes.

Cette méthode est d'une délicatesse inouïe. Au point où l'on en était à Pâques, il suffisait d'approcher la main du bord du miroir pour voir, après quelques secondes, les anneaux se déformer et passer du cercle à l'ellipse.

Mais alors, la moindre variation dissymétrique de température est un obstacle à la perfection du travail ? — Sans aucun doute. Il faut la prévenir à tout prix non seulement dans la masse du miroir, mais encore dans les autres pièces, dans les piliers, par exemple, dont la dilatation inégale troublerait le parallélisme des surfaces en fonction.

Tout cela était prévu. Et l'on comprend maintenant pourquoi M. Gautier a établi sa machine dans un hangar fermé de tous côtés, la séparant du reste de l'atelier et l'abritant ainsi d'une double paroi contre les variations de température de l'atmosphère extérieure.

Ces précautions suffisent-elles ? Non, pas encore. Contre les piliers de fonte pendent 4 thermomètres au dixième de degré. L'ouvrier préposé au polissage du miroir les consulte fréquemment. Il ressort de ces observations que, le matin, les piliers de l'est sont légèrement plus chauds que ceux de l'ouest, et *vice versa*, le soir. Pour y remédier, on place plus ou moins près des piliers moins chauds, à 2 mètres de distance, par exemple, une simple flamme de gaz, genre papillon, et, après quelques tâtonnements, l'équilibre est rétabli.

Nous assistâmes à l'application de cette méthode de correction. Pendant les explications que M. Gautier nous donnait sur sa machine, nous étions restés dans le voisinage de l'un des piliers ; nous avions élevé sa température et quand nous fûmes sur le point de nous éloigner, l'ouvrier dut venir corriger notre fâcheuse influence en déplaçant, d'un mètre à droite, la flamme papillon qui, auparavant inutile, se trouvait à égale distance des deux piliers.

Nous ne sommes pas au bout des minutieuses précautions.

Sous le poids de l'équipage arrivé au milieu de sa course, les glissières fléchissent : M. Gautier équilibre le poids de l'équipage, réduit la pression à 1 200 de sa valeur, ne laissant subsister que l'effort nécessaire à l'écrasement de l'huile sur les glissières métalliques. — Après cela, il reste encore une légère flexion quand, l'équipage étant au milieu des glissières, le plateau rodoir relevé ne repose plus sur la boue d'émeri. Et pourtant, si tout va bien d'ailleurs, le miroir ne se creuse pas en cuvette, mais gagne toujours en planéité. Singulier effet de compressibilité des liquides et de capillarité dont notre savant confrère M. Van der Mensbrugghe pourra nous dire le dernier mot.

Signalons enfin le mince matelas de flanelle sur lequel le miroir repose légèrement, afin d'éviter toute flexion des régions qui ne portent pas sur le rebord de la table de fonte; la perfection avec laquelle l'engrenage d'entraînement de la machine a été taillé pour prévenir toute vibration ; la couverture jetée sur le toit du hangar et la toile tendue immédiatement au-dessus de la machine de peur de la poussière.

Poli à souhait, le disque, objet légitime de tant de soins, a été transporté dans son barillet du poids de 800 kilos à lui seul — et de 2000 kilos avec sa culasse. Élevé sur le bâti qui doit le porter et sur lequel il se mouvra, le miroir sera à une dizaine de mètres au-dessus du sol. Le poids de toute la partie mobile du sidérostat sera de *14000 kilos*. Une partie de ce poids portera sur des galets, et le reste sera équilibré par la flottaison de l'appareil sur un bain de 50 à 60 litres de mercure.

On pourra se faire une idée approchée de la perfection avec laquelle ont été travaillées les pièces mécaniques du sidérostat et les difficultés que l'on y a rencontrées, en considérant qu'une seule tige — la tige normale du miroir, celle par laquelle l'équipage mobile est relié à l'axe horaire du mouvement d'horlogerie — à elle seule, a demandé un mois entier de travail pour être tournée cylindrique. La passe de l'outil, échauffant le métal, le faisait travailler irrégulièrement.

Revenons à la lunette elle-même. Le diamètre du tube a, disions-nous, $1^m,50$ et celui des objectifs $1^m,25$. Elle aura deux objectifs, l'un visuel, l'autre photographique, portés sur chariots et susceptibles d'être échangés rapidement.

La partie oculaire sera pourvue d'un appareil photographique monté sur un double cadre à deux mouvements rectangulaires,

l'un en ascension droite, l'autre en déclinaison. Ces mouvements permettront de suivre, sans rappel sur l'instrument, les astres, planètes ou étoiles, à photographier. En 4 minutes on obtiendra une photographie de haute précision. La lune pourra être prise en un temps beaucoup plus court, de 0,5 à 1 seconde. Cela fait encore un déplacement appréciable de l'image au foyer, 1 à 2 millimètres. L'astre pourra être rigoureusement suivi au moyen des mouvements indiqués.

L'image directe de la lune au foyer de la lunette aura l'énorme diamètre de 60 centimètres. Avec un oculaire amplifiant dix fois, le grossissement total obtenu serait de 6000 fois, ce qui équivaut à un rapprochement de la lune, non pas à *un mètre*, mais à 65 kilomètres. C'est déjà un joli résultat. On pourrait, dans ces conditions, dédoubler les tours de Notre-Dame de Paris, si elles se trouvaient dans la lune, y suivre un transatlantique de longueur moyenne, un corps d'armée... — ce qui nous permettrait d'être parfois mieux renseignés sur les opérations militaires exécutées là-bas que sur celles dont notre propre planète est le théâtre. — En d'autres termes, tout objet de 130 mètres de longueur sur la lune aurait une longueur apparente de 0,1 millimètre.

A la rigueur, le grossissement pourrait être poussé plus loin, jusqu'à 10 000. Au télescope Yerkes, les mesures micrométriques peuvent encore se faire avec un grossissement de 3750 fois, et la limite théorique est 4000.

Les disques dans lesquels on taillera les objectifs coûtent 300 000 francs de matière. Travaillés ils reviendront à 600 000 fr. Le prix global de l'instrument est de 1 400 000 fr.

Nous avons vu, dressé près de la machine qui doit le travailler, un des deux *flints*. Il a 9 centimètres d'épaisseur, pèse 360 kilos et vaut 75 000 francs. Le *crown* pèse de 220 à 230 kilos.

Ces disques ne se coulent pas. Dans un creuset de forme appropriée, on fait fondre la matière et on la brasse énergiquement. Puis on force le feu, assez pour fusionner parfaitement tous les fils formés au brassage et obtenir une masse aussi homogène que possible. Enfin on laisse refroidir lentement. Souvent, à la sortie du four, on trouve le disque brisé. S'il paraît convenable, on casse le creuset et on procède à l'examen du bloc. Toutes les parties extérieures non homogènes, les fils non fusionnés, sont enlevés à la meule. Puis la masse est remise au four, dans un creuset convenable pour obtenir un disque. On le retire et on renouvelle l'examen. Si l'on découvre encore quel-

que impureté, on l'enlève et on reporte au four. Le chauffage dure 15 jours, le refroidissement autant, et, dans chaque opération, on court des risques de casse!

Le polissage de ces disques se fait mécaniquement au moyen d'une machine en tout semblable à celle qui a travaillé le miroir. Seulement les glissières, au lieu d'être droites, seront taillées suivant la courbe méridienne à reproduire. Il semblait que ces procédés purement mécaniques ne pourraient donner de bons résultats et qu'il serait nécessaire de corriger par des retouches locales les déformations de l'image dues à des défauts d'homogénéité dans les verres. De l'avis de M. Gautier, des différences de densité sont inadmissibles dans les disques chauffés, brassés, épurés à plusieurs reprises, comme nous venons de le dire, et le vrai procédé de travail est le procédé purement mécanique, mais entouré de ces précautions multiples, délicates, toutes rationnelles que nous avons admirées tantôt.

Le seul désavantage du système lunette-sidérostat serait qu'il ne permet pas de voir également bien toutes les parties du ciel. Pour les parties basses, il faudrait donner au miroir des dimensions démesurées. Le miroir de 2 mètres de diamètre montrera à la lunette de $1^{m},25$ d'ouverture tous les astres dont la hauteur sera d'au moins 15 degrés. Plus bas, ils lui échapperont. Mais combien de bonnes observations fait-on au-dessous de 15 degrés?

En revenant de l'atelier de polissage, nous vîmes de magnifiques prismes triangulaires de tôle d'acier, évidemment destinés à une monture. Un d'entre eux pivotait sur un grand tour en l'air où se rabotait automatiquement une de ses bases de raccordement. C'étaient les piliers de la grande lunette en construction pour l'Observatoire de Zi-Ka-Wei. Cet instrument sera du modèle créé par M. Gautier. Monture anglaise, lunette double : l'une visuelle, l'autre photographique accolées dans un même tube de section rectangulaire ; en un mot, le type adopté pour la confection de la carte du ciel mais de plus grand calibre : 7 mètres de foyer au lieu de $3^{m},50$ environ, et 40 centimètres d'ouverture au lieu de 34. De là des images plus brillantes, plus grandes pour les planètes, un pouvoir séparateur beaucoup plus considérable... Un magnifique instrument dont le R. P. de Beaurepaire saura tirer le meilleur parti. Nos vœux l'accompagnent dans sa lointaine mission.

J. D. Lucas, S. J.

CORRESPONDANCE

Nous recevons du R. P. Hahn, S. J., la lettre suivante relative à un article intitulé *A propos de l'Église et de la Science*, publié par M. Errera dans la REVUE DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES, livraison de mai 1898, en réponse aux articles *M. Errera et les anciens vitalistes* et *Les Arabes et l'Église*, insérés par le R. P. Hahn dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, livraisons de janvier et d'avril 1898.

MONSIEUR LE SECRÉTAIRE,

Je m'excuse de venir si tard vous demander l'hospitalité de la REVUE ; je sais que l'impression du numéro de juillet est déjà très avancée, mais j'ai dû consulter à nouveau une dissertation latine de Renan et c'est hier seulement que j'en ai eu l'occasion.

Je n'ai aucune envie de rentrer dans le fond du débat sur les Syriens. Je vous prie seulement d'accueillir une rectification matérielle d'un texte de Renan. M. Errera, je l'espère, l'introduira également dans une nouvelle édition de la réponse publiée par lui dans la REVUE DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES (mai 1898) sous le titre : *A propos de l'Église et de la Science.*

Les lecteurs de M. Errera me doivent bien un peu de reconnaissance. J'ai fourni, en effet, au savant professeur l'occasion d'expliquer certains passages de son résumé, et ces explications, ses lecteurs ne les auraient certes pas trouvées d'eux-mêmes. Dans le résumé, une seule phrase indiquait l'état des connaissances chez les chrétiens des premiers siècles; la voici : " Le christia„ nisme des premiers siècles, ascétique et intolérant, se montra „ hostile aux recherches scientifiques, qui trouvèrent au contraire „ un refuge chez les Arabes " devenus la tête pensante et investi„ gatrice de l'humanité „ (J. C. Houzeau) (1).

(1) P. 7.

Qui aurait pu déduire de là que des chrétiens, " les lettrés „ syriens... furent les premiers maîtres des Arabes en fait de phi- „ losophie et leur enseignèrent Aristote (1) „? Qui aurait pu soupçonner que " les Juifs et les Arabes avaient reçu des Syriens „ l'étincelle sacrée de la science, comme ceux-ci l'avaient reçue „ de l'École d'Alexandrie, qui elle-même l'empruntait à la „ Grèce (2) ? „

Les résumés de M. Errera sont des résumés à surprises, qui se prêtent à des développements variés.

Les textes eux-mêmes se ressentent parfois du même procédé. Quand on recourt aux sources, ce n'est pas toujours sans éprouver quelque étonnement. J'en pourrais citer plusieurs exemples. Je me contente d'un seul, plus important, et qui est de nature, je pense, à trancher la discussion. Il s'agit d'un texte de Renan. Écourté comme il l'est, il retourne complètement l'opinion de l'auteur sur l'objet du débat, et les italiques aggravent encore l'effet de la mutilation. Loin de moi l'idée de soupçonner mon contradicteur d'altérer sciemment la pensée des autorités qu'il cite. Eussé-je même une opinion moins haute de la loyauté de M. Errera, je ne crois pas un savant capable de compromettre sa réputation à pareil jeu. D'un autre côté, on conçoit, de la part d'un jésuite, une certaine " coquetterie „ à défendre la réputation de Renan dans la discussion actuelle.

M. Errera reconnaît donc que les Syriens enseignèrent Aristote aux Arabes, mais l'*Organon* seulement, et il en appelle au témoignage de Renan. Pour éviter toute confusion, je vais mettre le passage de M. Errera entre deux lignes de blanc sans guillemets, réservant ceux-ci pour les textes de Renan comme le fait mon collègue de Bruxelles. Les italiques et les références sont également de ce dernier.

Texte de M. Errera : Les lettrés syriens... furent les premiers maîtres des Arabes en fait de philosophie et leur enseignèrent Aristote (3). Mais " *les Syriens de cette époque ne connaissaient d'Aristote que l'Organon et encore à l'état tronqué...* La logique est chez eux toute la philosophie et, au lieu de cette science très vaste à laquelle s'était exercé le génie de l'antiquité, ce sont des bagatelles de dialectique, des définitions de mots,

(1) *A propos de l'Église et de la Science*, p. 19 du tiré à part.
(2) *Ibid.*, p. 20.
(3) Renan, *De philos. peripatetica*, etc., p. 62.

des catégories et de vaines paroles qu'ils se bornent à ressasser (1). „ Continuons : “ à partir du xe siècle, ajoute Renan, la philosophie est en pleine décadence chez les Syriens ; *après quoi, leur savoir fut puisé aux sources arabes, et c'est ainsi que l'ensemble des œuvres d'Aristote arriva entre leurs mains* (2). „

Je défie quiconque a lu ce passage d'en faire un autre résumé que celui-ci : D'après Renan, les Syriens enseignèrent seulement aux Arabes l'*Organon* et encore à l'état tronqué ; les Arabes firent plus tard la traduction de l'ensemble des œuvres d'Aristote, et c'est ainsi que les Syriens connurent la doctrine complète du Stagyrite.

M. Errera verse dans une confusion ; il rapproche indûment deux pages de Renan.

Dans le passage cité, les mots “ *de cette époque* „, empruntés à la page 72 de Renan, seront nécessairement rapportés par le lecteur à l'époque dont M. Errera parle dans la phrase précédente, c'est-à-dire à celle où les Syriens “ enseignèrent Aristote „ aux Arabes (ixe-xe siècles). Or pour cette dernière époque, M. Errera se réfère à la page 62 de Renan. De quel droit M. Errera rapproche-t-il deux citations de Renan aussi éloignées ? Je n'en vois d'autre raison que celle-ci : la phrase “ les Syriens ne connaissaient d'Aristote que l'*Organon* et encore à l'état tronqué „ se trouve également à la page 62, mais avec une variante de grande importance et un contexte ne laissant aucun doute sur la pensée de l'auteur.

Donnons le texte entier de cette page 62 de Renan, et soulignons à notre tour les mots sur lesquels nous désirons attirer l'attention.

“ Les Syriens, qui *jusqu'alors* ne connaissaient que l'Organon et encore à l'état tronqué, sont *maintenant* mis en possession de *toute la doctrine péripatéticienne*. Ils ne se contentèrent pas du rôle d'interprètes ; ils furent les premiers qui commencèrent à philosopher en *langue arabe*, et *un siècle et plus* s'écoula *avant que les Arabes* abordassent ces études par eux-mêmes. „

Pourquoi les yeux de M. Errera se sont-ils arrêtés sur une phrase incidente sans voir la phrase principale ? Pourquoi sauter

(1) Renan, *De philos. peripatetica*, etc., p. 72-73 ; — Cf. aussi *ibid.*, p. 39-40.

(2) Idem, *ibid.*, p. 73 ; — Cf. aussi *ibid.*, p. 39-40.

dix pages plus loin, quand la phrase suivante donnait toute la pensée de Renan ?

Et arrive à la page 72, par quelle fatalité a-t-il négligé les phrases qui précèdent celles qu'il donne ? Renan y fait un résumé, siècle par siècle, des connaissances des Syriens et des Arabes et mon honorable adversaire y aurait vu *à quelle époque* les Syriens avaient dépassé l'Organon et quel sens Renan attache aux mots *sources arabes*.

" Au VIe et au VIIe siècle, les Syriens Jacobites mirent une application extrême à l'étude d'Aristote, surtout dans les écoles de Kenserin et de Resina, et le Musée Britannique conserve les principaux monuments de leur zèle.

" Les Syriens *de cette époque* ", donc du VIe et du VIIe siècles, " ne connaissent que l'Organon et encore à l'état tronqué ".

Ensuite " les Syriens " deviennent " les premiers auteurs de la philosophie *arabe*, sous la domination des Abbassides protecteurs de la philosophie.

" Tous ceux qui ont traduit Aristote *en arabe* au IXe et au Xe siècle, sont, sans exception, des Syriens et des chrétiens, et leurs traductions ont été généralement faites sur le *syriaque* : à peine un seul Musulman connaissait-il le grec. "

Puis vient la seconde phrase citée : " A partir du Xe siècle, la philosophie est en pleine décadence chez les Syriens : après quoi, leur savoir fut puisé aux *sources arabes*, et c'est ainsi que l'ensemble des œuvres d'Aristote arriva entre leurs mains. "

Quelles sont ces *sources arabes* ? Le mot *arabes* désigne ici non la *nationalité* des auteurs, mais la *langue* dans laquelle les documents étaient écrits, que les auteurs fussent eux-mêmes Syriens ou Arabes. En français nous distinguons, à ce point de vue, le Syrien et le Syriaque ; il en va de même en latin pour *arabs* et *arabicus* ; le dictionnaire permet à la rigueur *arabique*. La traduction littérale serait donc " sources arabiques ", " arabicis fontibus ".

Après leur décadence, les Syriens retraduisirent donc Aristote sur les *versions arabiques*, si l'on me permet cet adjectif d'un usage peu courant ; *mais ces versions arabiques avaient été faites par les Syriens du IXe et du Xe siècle* : aucune n'avait été faite par les Arabes ; et pour Renan, c'est presque un dogme que jamais à aucune époque les Arabes ne se servirent d'autres traductions que de celles des Syriens, même Averroës en Espagne en plein XIIe siècle.

Pourquoi les Syriens, après le Xe siècle, ne reprirent-ils pas

les versions syriaques antérieures aux versions arabes et signalées par Renan dans la phrase précédente ? C'est que " les versions syriaques „ des IXe et Xe siècles " avaient complètement disparu (1) „ devant les versions faites en arabe, la langue des maîtres de l'Empire.

Voilà un développement bien inattendu du texte mutilé de Renan.

Veuillez agréer, Monsieur le Secrétaire, l'assurance de ma considération distinguée,

G. HAHN, S. J.

4 juillet 1898.

NOTES

Le 3 juin dernier, le professeur William Ramsay et M. Morris W. Travers ont envoyé, à la Société Royale de Londres et à l'Académie des Sciences de Paris, une note annonçant la découverte qu'ils venaient de faire d'un *nouvel élément constituant de l'air atmosphérique*. Quelques jours plus tard, ils ajoutaient à cette communication l'annonce de la découverte de deux autres éléments nouveaux.

Voici des extraits de la traduction, publiée dans les COMPTES RENDUS de l'Académie des Sciences (t. CXXVI, n° 23, 6 juin 1898, p. 1610), de la première de ces communications.

„ Nous nous proposons de donner, dans cette note préliminaire, un résumé des expériences que nous avons faites depuis un an pour reconnaître si, outre l'azote, l'oxygène et l'argon, il n'existe pas dans l'air d'autres gaz qui ont échappé jusqu'ici à l'observation par suite de leur faible proportion....

„... Grâce à l'obligeance du Dr Hampson, nous avons pu avoir 750cc d'air liquide. Nous avons fait évaporer lentement cette masse, à l'exception des dix derniers centimètres cubes; nous avons recueilli dans un récipient le gaz provenant de ce petit résidu; nous avons enlevé l'oxygène avec du cuivre métallique

(1) P. 56.

et l'azote à l'aide d'un traitement avec un mélange de chaux pure et de magnésium en poudre, suivi par l'action d'étincelles électriques en présence d'oxygène et de soude caustique, et nous avons obtenu finalement $26^{cc},2$ d'un gaz montrant faiblement le spectre de l'argon et de plus un spectre qui n'a pas, croyons-nous, été observé jusqu'à présent.

„ Nous n'avons pas encore réussi à séparer complètement le nouveau spectre de celui de l'argon, mais il est caractérisé par deux raies fort brillantes, dont l'une est presque identique en position à D_3 et presque aussi brillante. Des mesures faites avec un réseau de 14 438 lignes par pouce, mis obligeamment à notre disposition par M. E. C. C. Baly, ont fourni les nombres suivants, *les quatre lignes apparaissent dans le champ toutes à la fois :*

D_1 . . . 5895,0
D_2 . . . 5889,0
D_3 . . . 5875,9
D_4 . . . 5866,65 + 1,7 pour réduction au vide (1).

„ Il existe encore une raie verte, comparable en intensité à la ligne verte de l'hélium, et dont la longueur d'onde est 5566,3, et une ligne verte un peu plus faible, dont la longueur d'onde est 5557,3.

„ Pour déterminer, dans la mesure du possible, quelles sont les lignes qui appartiennent au spectre de l'argon et quelles sont celles du nouveau gaz, les deux spectres ont été examinés en même temps avec le réseau, les spectres du premier ordre étant utilisés. Les raies qui étaient absentes ou très faibles dans le spectre de l'argon, ont été attribuées au nouveau gaz. Leur intensité étant plus faible, les mesures de longueur d'onde qui suivent ne sont pas aussi précises que les trois mesures données plus haut; mais nous regardons les trois premiers chiffres significatifs comme corrects :

Violet . . .	4317	*Bleu* . . .	4834
„ . . .	4387	„ . . .	4909
„ . . .	4461	*Vert* . . .	5557,3
„ . . .	4671	„ . . .	5566,3
Bleu . . .	4736	*Jaune* . . .	5829
„ . . .	4807	„ . . .	5866,5
„ . . .	4830	*Orange* . .	6011

(1) Les raies D_1 et D_2 forment le doublet du sodium ; la raie D_3 appartient à l'hélium ; la raie D_4 est la nouvelle raie dont parlent les auteurs.

" ... Comme l'argon et l'hélium, le nouveau gaz est monoatomique et représente un corps simple.

„ De ce qui précède nous pouvons conclure que l'atmosphère contient un gaz nouveau, doué d'un spectre caractéristique, plus lourd que l'argon, et moins volatil que l'azote, l'oxygène et l'argon; le rapport des deux chaleurs spécifiques conduit à penser qu'il est monoatomique et représente un élément. Si cette conclusion est fondée, nous proposons de le nommer *Krypton*, c'est-à-dire " caché „. Son symbole serait *Kr*...

„ Si nous admettons la vérité de l'hypothèse du Dr Johnstone Stoney, d'après laquelle il existerait dans l'atmosphère des gaz plus lourds que l'ammoniaque, il n'est nullement improbable qu'un gaz plus léger que l'azote puisse aussi être découvert dans l'air. Nous avons déjà passé plusieurs mois à tout préparer pour la recherche d'un tel gaz et nous pensons être d'ici peu en mesure de dire si cette supposition est fondée. „

En présentant cette note à l'Académie des Sciences, M. Berthelot fit observer que la forte raie verte 5566,3 du Krypton coïncide sensiblement avec la brillante raie nº 4 (5567) de l'aurore boréale (1).

La conjecture exprimée par MM. Ramsay et Morris W. Travers à la fin de leur communication à l'Académie, semble confirmée. Voici les extraits de la traduction, publiée dans les COMPTES RENDUS (t. CXXVII, nº 25, 20 juin 1898, p. 1762) d'une note présentée par M. Moissan à l'Académie des Sciences de Paris, au nom des deux savants anglais.

" Outre le Krypton, il existe encore, en très petite quantité, deux nouveaux gaz dans l'argon retiré de l'air. Pour les isoler, nous nous sommes servi d'un peu plus de 18 litres d'argon, ce qui nous a demandé tout notre hiver pour le préparer dans un grand état de pureté. La première fraction paraît être le gaz dont j'ai signalé l'existence dans ma conférence de Toronto. Il n'est

(1) Le spectre de l'aurore boréale se compose d'un nombre de raies variable avec les circonstances. On en a relevé une douzaine. La plus brillante observée et déterminée, en 1866, par Angström est située entre le jaune et le vert; c'est à celle-ci que M. Berthelot fait allusion. Sa longueur d'onde, mesurée par différents observateurs, est de 5567 à 5579 dix-millionièmes de millimètre; elle est tellement caractéristique de la lumière polaire, dit M. S. Lemström dans son livre L'*Aurore boréale*, qu'elle est visible même quand on ne peut découvrir à l'œil nu aucune autre trace de lumière.

pas encore absolument pur, mais il ne fournit plus les lignes de l'argon que d'une façon très affaiblie. Le tube qui le contient, quand il est illuminé par le courant, est le plus beau que j'ai jamais vu; il possède une lumière d'un rouge orangé que nous n'avons jamais obtenue dans nos autres tubes. Le spectre est formé d'un grand nombre de raies très fortes dans le rouge orangé et le jaune, et de quelques lignes dans le violet foncé. Si l'on interpose une bouteille de Leyde, on voit apparaître des lignes lumineuses dans le vert et le bleu, tandis que plusieurs des lignes rouges s'éteignent. Nous avons nommé ce gaz *Néon* (nouveau)...

„ Enfin, lorsque la distillation de notre argon liquide se terminait, il nous est resté un corps solide qui se volatilise très lentement, de telle sorte qu'il est facile de l'obtenir dans un grand état de pureté.

„ D'après cette propriété, il a été facile de séparer une certaine quantité de ce nouveau gaz. Sa densité est 19,87, celle de l'argon étant 19,94. Son spectre diffère absolument de celui de l'argon. Parmi les lignes nombreuses qu'il fournit, il en est une verte qui occupe une position non encore reconnue et une jaune qui ne coïncide ni avec celle de l'hélium, ni avec celle du krypton. La longueur d'onde est 5849,6, celle du krypton étant 5866,5 et celle de l'hélium 5875,9. On peut la nommer D_5. Nous proposons, pour ce nouveau gaz, le nom de *Métargon*. Le néon et le métargon sont tous deux monoatomiques, c'est-à-dire, que le rapport entre leurs chaleurs spécifiques est de 1 à 1,66 (1)... „

(1) M. Arthur Schuster a fait observer (NATURE (anglaise), nº 1496, vol. 58, 30 juin 1890, p. 199), que le spectre du métargon, décrit par M. Ramsay, présente une ressemblance étrange avec le spectre ordinaire du carbon : 8 raies du spectre du métargon auraient exactement ou à fort peu près, dans la liste dressée par M. Ramsay, les mêmes longueurs d'onde que 8 des raies du carbon mesurées par Angström et Thalen ; et les 3 autres raies du métargon coïncideraient à peu près avec 3 des raies du cyonogène. — Cette remarque de M. Schuster a provoqué de nouvelles observations de la part de M. Ramsay. La question reste à l'étude (voir NATURE, t. LVIII, nº 1498, 14 juillet 1898, p. 245).

L'ÉTUDE DU DÉTAIL EN ÉCONOMIE POLITIQUE

La question que je prétends traiter ici n'est rien plus et rien moins qu'une question de méthode.

Si abstraits que semblables problèmes puissent paraître à ceux à qui ils ne sont pas familiers, ils sont néanmoins essentiellement pratiques, ainsi que j'espère bien le faire voir.

I.

Dira-t-on que la question de la méthode est dès longtemps résolue pour l'économie politique ? Je n'y contredirai pas. Mais n'y a-t-il plus rien à dire sur la mise en œuvre de la méthode ?

Nulle part peut-être les généralisations trop absolues, les généralisations prématurées, déterminées souvent par un examen superficiel des phénomènes — examen sur lequel l'écrivain garde le silence, ayant bien soin de n'en pas faire connaître les conditions — ne sont plus dangereuses qu'en économie politique par les conséquences qu'on en tire.

La méthode déductive n'est pas de mise ici.

Sans faire *table rase*, cela va sans dire, sans méconnaître aucune vérité morale, l'économiste ne doit croire à l'existence d'une loi scientifique qu'après le contrôle de l'observation.

Voici comment Mgr Mercier, le savant professeur de philosophie de l'Université de Louvain, justifiait devant

ses élèves, alors que j'avais l'honneur de suivre ses leçons, l'emploi de la méthode inductive par le sociologue et par l'économiste, en conséquence, puisque l'économie politique est l'une des branches maîtresses de la science sociale.

« L'induction, dit-il dans sa *Théorie de la connaissance certaine*, est applicable aux manifestations de la vie morale des hommes. » Comme telle elle s'appelle « l'induction morale ou sociale, et aboutit à des lois du même nom ».

Le même auteur, après avoir donné un exemple, ajoute : « Ces inductions morales reviennent à dire que lorsqu'un complexus considérable d'actes humains, simultanés ou successifs, convergent vers un même terme, il doit exister une cause *naturelle* de cette convergence; cette cause naturelle n'est autre, en dernière analyse, que la tendance naturelle de l'intelligence à connaître le vrai, et de la volonté à aimer le bien. De la constatation de la cause naturelle nous pouvons, comme pour l'ordre physique, passer à l'affirmation de l'existence d'une *loi morale* qui n'est autre chose que l'expression de la manière d'agir commune aux êtres libres dans certaines circonstances données. »

« Sans doute, dit encore Mgr Mercier, la raison et la foi nous disent quelles sont les causes du bonheur de l'individu, de la famille et de la société, et nous pouvons *a priori* déduire, des principes de morale, des rapports nécessaires ; mais pour peu qu'on se méprenne dans la conception des principes ou qu'on dévie dans le développement des conséquences, on risque d'arriver à des résultats faux et désastreux ; la *méthode expérimentale* peut donc fournir ici un précieux contrôle (1). »

Fournissant le contrôle, c'est elle qui permet d'édifier la science.

A cette œuvre de si grande importance nul n'apporta

(1) *Cours autographié de philosophie selon saint Thomas d'Aquin pour l'année* 1884-85, pp. 327 et suiv.

un concours plus précieux que Le Play, par ses monographies de famille. C'est qu'il avait compris l'utilité des observations minutieuses. Peut-être sa méthode, excellente dans son principe, fut-elle appliquée par lui d'une manière un peu exclusive.

L'étude monographique est, à mon sens, la plus féconde de toutes, mais tout phénomène social me paraît y prêter, et notamment la législation positive. La loi est le phénomène social par excellence : l'œuvre législative est, en effet, collective par son point de départ, le principe de la représentation populaire, collective encore dans son élaboration, collective enfin dans son application, puisqu'elle s'adresse au peuple entier et impose une direction précise à son activité. Il s'agit, bien entendu, de l'étude critique de la loi envisagée non pas seulement dans son texte, mais dans ses causes profondes et ses effets de toute sorte.

En ce qui concerne l'économie politique, la mise en œuvre de la méthode est le fait de l'enseignement supérieur, de la science pure, de la législature.

Il importe de ne pas passer sous silence cette dernière, qui n'est pas seulement le fait des Parlements, mais aussi celui des organismes administratifs appelés à coopérer au travail législatif, et même de tous ceux qui ambitionneraient d'éclairer l'opinion, dont les pouvoirs publics dans les démocraties ne sont en somme que l'écho intelligent.

Un mot, pourvu qu'il soit bien compris, peut résumer le procédé approprié à la saine préparation des mesures législatives dans le domaine économique : l'enquête.

De fait, il résume l'histoire des travaux du Parlement belge qui ont eu, depuis 1886, la législation ouvrière pour objet.

Aussitôt après qu'eurent éclaté les grandes grèves du printemps de cette année, le ministère dont M. Beernaert était le chef, eut l'heureuse inspiration de constituer une *Commission du travail*, composée d'économistes et de

membres de la législature, chargée de se rendre compte de la situation économique du pays et de faire au Gouvernement les propositions qu'elle croirait opportunes.

Cette Commission, après avoir procédé à une enquête qui amena des sections de l'assemblée à siéger dans les principaux centres industriels du pays, élabora une série d'avant-projets de loi dont la plupart ont été incorporés depuis, dans leurs grandes lignes, à la législation nationale.

Depuis lors aussi, divers organismes administratifs ont été créés qui ont pour mission d'assister le Gouvernement dans l'élaboration des projets de lois ouvrières ou des arrêtés à prendre pour l'exécution de ces lois, en lui fournissant les renseignements dont il a besoin de s'entourer à ces fins : tels sont les Conseils de l'industrie et du travail, les inspecteurs du travail, le Conseil supérieur du travail. Plus récemment un office du travail a été institué pour centraliser l'action administrative. Lors de la création du Ministère de l'industrie et du travail en mai 1895, l'office du travail a vu grandir son rôle, dont la formation d'une statistique du travail est devenue l'une des fonctions les plus importantes. L'inspection du travail a également été renforcée à la suite de la création du département, tant au point de vue du personnel qu'à celui des attributions.

Telle est aujourd'hui la situation : l'élaboration des nouvelles lois ouvrières et l'application des lois en vigueur font l'objet d'une enquête permanente qui se poursuit par tout le pays, on peut même dire — ce qui caractérise bien la recherche du fait, du fait précis, *du détail* — dans tous les ateliers du pays.

Peut-être conviendra-t-il de signaler ici, indépendamment de cette constatation générale, comment l'étude du détail est intervenue en ces matières, dès avant 1895.

En voici deux exemples significatifs.

Lorsqu'il s'est agi de réglementer les conditions du travail des personnes que la législature a voulu protéger

d'une façon spéciale par la loi du 13 décembre 1889, jeunes enfants, garçons de 12 à 16 ans, jeunes filles jusqu'à leur majorité civile, femmes récemment accouchées, l'on n'a inscrit dans la loi que des dispositions assez élastiques, mais en prévoyant l'intervention obligatoire du pouvoir exécutif pour régler notamment la durée du travail quotidien d'après la nature et les conditions d'exercice de chaque industrie.

Aux fins d'appliquer la loi, une trentaine d'arrêtés royaux sont intervenus, après avoir été ainsi préparés :

L'administration a élaboré un programme d'enquête. Tous les Conseils de l'industrie et du travail du pays ont reçu ce questionnaire et y ont répondu.

Le Conseil supérieur du travail mis en possession de ce dossier (1), s'est divisé en commissions et chacune d'elles, composée des patrons et des ouvriers membres du Conseil et appartenant au groupe d'industries dont la section avait à s'occuper, a élaboré pour ces industries les avant-projets réclamés par le Gouvernement.

Enfin le Conseil réuni en assemblée plénière a mis la dernière main à ce travail délicat, et s'est occupé de rendre les divers avant-projets harmoniques dans le fond et dans la forme.

Une procédure assez semblable a été suivie pour la préparation de la loi sur les règlements d'ateliers. Seulement, cette fois, le Conseil supérieur du travail a rédigé lui-même le questionnaire qui, envoyé ensuite aux Conseils régionaux de l'industrie et du travail, lui est revenu avec les réponses de ces Conseils et l'a guidé dans la délibération d'un avant-projet. Celui-ci, après avoir été l'objet de

(1) Le Conseil, organisme purement consultatif, est composé de 48 membres nommés par le Roi, 16 patrons, 16 ouvriers, 16 sociologues appartenant la plupart au Parlement, à l'enseignement supérieur ou à la haute administration. Il a été institué par l'arrêté royal du 7 avril 1892, sur la proposition de M. Léon de Bruyn. L'application de la loi du 13 décembre 1889 a été l'occasion, sinon la cause, de la création de cet intéressant rouage de l'administration.

quelques remaniements de la part du Ministre, a été soumis au Parlement et voté par lui.

Le Gouvernement persévère, d'ailleurs, dans sa volonté de faire de la législation *a posteriori*, de s'éclairer par des enquêtes minutieuses avant de formuler des projets de loi et d'en saisir les Chambres. C'est ainsi qu'en ce moment même se poursuit une enquête spéciale, relative aux conditions dans lesquelles s'exercent les principales industries à domicile. D'après les résultats de cette enquête, l'honorable Ministre de l'industrie et du travail, M. Nyssens, décidera ce qu'il y a lieu de faire.

J'ai hâte d'en venir à la mise en œuvre de la méthode par les universités.

Telles sont les préoccupations de l'heure présente, que nulle branche des sciences humaines ne mérite à plus juste titre que l'économie politique d'avoir sa place marquée, place importante, place d'honneur, dans le cadre de l'enseignement supérieur à l'aurore du xxe siècle.

Pourtant jusqu'à ces dernières années, l'on ne voyait figurer au programme des universités belges que des cours élémentaires d'économie politique et d'économie industrielle ou rurale. Ces cours formaient respectivement une branche obligatoire de l'examen pour les élèves du doctorat en droit et ceux des écoles spéciales annexées aux universités.

Chose à noter tout d'abord, cette pénurie présentait un grave inconvénient au point de vue de la méthode ; car le professeur, obligé de borner son enseignement aux rudiments de la science, est tenté de la réduire en théorèmes, et même amené naturellement à le faire si, sûr de sa méthode, il ne combat ce penchant.

Elle n'en présentait pas un moindre pour la formation des élèves appartenant aux facultés de droit.

Il conviendra d'insister sur ce point.

Comme l'a dit M. Adolphe Prins dans son beau livre *L'organisation de la liberté et le devoir social* : « Quand

l'enseignement tend à donner des connaissances et le plus possible, il emploie volontiers la méthode déductive qui s'adresse surtout à notre mémoire ; mais s'il tend plus à la qualité qu'à la quantité des connaissances, s'il est un enseignement *supérieur*, s'il s'adresse à l'intelligence, s'il entend mettre en œuvre l'esprit critique de l'élève, s'il tend à être scientifique, il emploie la méthode inductive. La haute culture n'est point celle qui donne le plus rapidement le plus de notions usuelles, mais bien celle qui donne la meilleure qualité d'esprit. »

L'esprit critique ne peut s'aiguiser à l'étude des généralités, d'autant plus banales qu'elles sont plus générales. La mise en œuvre de la méthode appropriée à la haute culture suppose que l'enseignement porte sur des sujets spéciaux que le professeur puisse approfondir devant ses élèves, avec leur concours s'il se peut.

Sans doute. les maîtres de l'enseignement catholique en Belgique n'ignoraient pas ces vérités. L'un des plus éminents d'entre eux, de qui l'auteur de cette étude aime à se dire le disciple, prit sur lui de promouvoir et de mener à bien une réforme nécessaire. M Jules Van den Heuvel, professeur de droit public à l'Université de Louvain, porta successivement la question de l'enseignement des sciences politiques et sociales à la tribune du Congrès de Malines, en 1891, et ensuite, à celle de la Société des Sciences sociales et politiques de Bruxelles, que venait de fonder Auguste Couvreur.

Sur sa proposition, l'assemblée de Malines donna une adhésion unanime au vœu suivant : « Qu'il soit organisé » à l'Université de Louvain des cours d'histoire et de » législation comparée relativement aux principales bran- » ches du droit public et de l'économie politique. »

Grâce à l'initiative et à l'activité de M. Van den Heuvel, une École des Sciences politiques était bientôt après instituée à l'Université de Louvain et placée, à ses débuts,

par la juste reconnaissance du corps enseignant, sous la présidence du dévoué fondateur de l'École.

Les Universités de l'État à leur tour virent organiser dans les facultés de droit par le regretté M. de Burlet, en vertu de l'arrêté royal du 2 octobre 1893, un enseignement spécial des Sciences politiques et économiques.

Dans d'autres milieux, ces sciences sont enseignées dans les facultés de philosophie ou bien leur enseignement forme l'objet d'une faculté distincte.

En Belgique, il eût fallu l'intervention de la législature pour créer une faculté nouvelle dans les Universités de l'État. L'institution de cours nouveaux rattachés à la faculté de droit fut la solution qui se présenta naturellement à l'esprit du Ministre de l'intérieur et de l'instruction publique, parce que chez nous comme en France, c'est — pour reprendre une expression de Taine — dans les écoles de droit que la jeunesse cultivée vient chercher l'idée capitale pour les hommes qui vivent en société, celle même de la société dans laquelle ils vivent.

Puisque le nom de Taine s'est présenté sous ma plume, qu'il me soit permis de rappeler la conception que se faisait ce profond penseur de l'enseignement juridique.

L'objet de celui-ci, à son sens, c'est « l'esprit des lois, écrites ou non écrites, d'après lesquelles vivent ou ont vécu les associations humaines quelles qu'en soient la forme, l'étendue et l'espèce, État, commune, Église, corporation, école, armée, atelier agricole ou industriel, tribu, famille. Or, vivantes ou fossiles, ce sont là des choses réelles, observables comme les plantes et les animaux. On peut donc les observer, les décrire et les comparer, suivre leur histoire depuis leur commencement jusqu'à leur fin, dégager en chacune d'elles les caractères distinctifs et dominateurs, noter son milieu ambiant, chercher les conditions ou « rapports nécessaires » internes ou externes, qui déterminent son avortement ou sa floraison. *Pour des hommes qui vivent en société et dans un État,* nulle

étude n'est si importante ; *il n'y a qu'elle pour leur fournir une idée précise et prouvée de la société et de l'État.* »

Taine a noté, avec sa sagacité habituelle, qu'aux approches de 1789 l'enseignement du droit était tombé en France dans un complet discrédit ; il va jusqu'à mettre au compte de l'absence de doctrine des écoles de droit la vogue de l'utopie antisociale de Rousseau et, en fin de compte, la révolution et ses erreurs !

Pour empêcher « la chimère d'entrer » dans les jeunes intelligences, il voudrait y voir installer un occupant à poste fixe, la science. Il faut de plus « veiller à ce que ce premier occupant puisse présenter à toute heure ses titres de propriété légitime, ses méthodes analogues à celles des sciences naturelles, *ses études de détail sur le vif* et dans les textes, *ses inductions limitées,* ses vérités concordantes, ses découvertes progressives, afin que, devant tout système aventureux et dépourvu de ces titres, les esprits se ferment d'eux-mêmes ou ne s'ouvrent que provisoirement, et toujours avec la précaution de demander à l'intrus ses lettres de créance. Voilà le service social que rend l'enseignement du droit quand on le donne à l'allemande ».

Quand Napoléon organisa l'Université, le programme des facultés de droit ne fut pas arrêté dans cet esprit, il est à peine besoin de le dire. Ce furent des écoles professionnelles qu'il fonda, faites pour fournir au maître de l'Empire « des hommes capables d'appliquer ses lois, non de les juger ».

Comme les analogies entre les programmes de nos facultés de droit et ceux des facultés françaises ont toujours été et sont encore frappantes, il est aisé de comprendre que « l'homme de loi qui sort des Universités belges (après la conquête du grade de docteur en droit) est formé par une seule méthode qui le domine et l'absorbe (1). »

(1) Van den Heuvel, *Rapport sur l'enseignement des sciences politiques présenté au Congrès de Malines de 1891.*

Le mal était, jusqu'en ces derniers temps, d'autant plus sensible que les cours sont organisés, dans les facultés de droit, de façon à donner les mêmes leçons à tous les jeunes gens, qu'ils se destinent à la profession d'homme de loi, qu'ils se proposent seulement d'acquérir une culture générale ou qu'ils ambitionnent de vouer leur existence à l'étude de la science. Tous reçoivent le même diplôme, celui de docteur en droit, qui seul donne accès au barreau (1).

Depuis peu d'années cette situation s'est modifiée, et ceux qui le désirent peuvent compléter leur formation par la fréquentation de divers cours, dont l'histoire envisagée à des points de vue divers fait le principal objet, avec la statistique et l'étude des législations des principaux peuples modernes.

La prépondérance de la méthode historique et comparative caractérise l'enseignement des sciences sociales, tel qu'il est aujourd'hui organisé dans les Universités de Belgique. Divers cours — et non les moins importants — portent exclusivement sur des *matières spéciales* que le professeur choisit à son gré et scrute à loisir. Les élèves ont le choix entre certains cours, et les diplômes diffèrent d'après la spécialité à laquelle l'élève a préféré s'adonner. Enfin les professeurs peuvent exiger des élèves qu'ils travaillent sous leur direction, et faire de la participation aux exercices pratiques la condition de l'octroi du diplôme de *licencié*. Quant au diplôme de *docteur*, il n'exige pas d'examen, mais la rédaction d'une dissertation et la défense publique de thèses choisies par le récipiendaire lui-même.

Dernier et heureux résultat de la réforme, bien qu'indirect : il semble qu'une tendance nouvelle se révèle dans l'enseignement du droit pur ; plusieurs de ceux qui en sont

(1) En France, le grade de *licencié* est celui que prennent généralement tous ceux qui veulent embrasser la profession d'avocat ou de magistrat. La conquête du grade de *docteur* suppose des études ultérieures et la dissertation.

chargés modifient peu à peu la méthode ancienne, trop exclusive, et s'efforcent de leur côté de développer l'esprit critique chez leurs auditeurs par les suggestions de la méthode inductive !

Qu'il s'agisse de l'élaboration des lois ou de la formation des économistes, nous voyons donc prévaloir aujourd'hui l'étude des faits, leur étude minutieuse, bref, *l'étude du détail*.

Il va sans dire qu'elle doit prévaloir aussi dans les travaux de science pure. « Deux choses ont discrédité l'économie politique, écrivait il y a dix ans Thorold Rogers : son mépris traditionnel pour les faits et son penchant immodéré pour les définitions... A moins d'avoir un sens strictement limité comme les noms des figures géométriques ou des combinaisons chimiques, un mot ou la définition d'un mot ne coïncide jamais exactement avec la portée que lui donne l'écrivain, qui l'emploie pour définir un objet ou exprimer une pensée. Ses successeurs héritent de ce mot, en étendent ou en varient l'acception sans se rapporter aux faits et en ne consultant que leur sentiment ou leurs impressions... Avec tout cela, les économistes ont la prétention d'être pratiques, et prétendent imposer leurs conclusions à la législature et à l'administration. On recule épouvanté à la pensée que certaines de leurs soi-disant vérités économiques auraient pu être traduites en lois positives. » Ce point de vue, le théoricien le plus soucieux de cultiver la science pour la science même, ne doit jamais le négliger. « L'économie politique est affaire de législation », a dit un maître dont l'enseignement a jeté le plus vif éclat sur l'Université de Liége, Émile de Laveleye. « Toutes les questions économiques que l'on discute, ajoutait-il, sont des questions de législation : réforme des lois douanières, des lois agraires, des lois sur la monnaie, le crédit, la banque, les sociétés, le travail dans les manufactures, les chemins de fer, les impôts, etc. »

Science ardue, science redoutable à enseigner par les responsabilités qu'assume le professeur, l'économie politique, dès qu'on l'approfondit, captive singulièrement ses adeptes, parce qu'elle peut être entre toutes bienfaisante.

Aussi faut-il tendre à ce que les spécialistes formés dans les Universités, qui ne peuvent être appelés tous au professorat, continuent, après la conquête des grades académiques, à cultiver la science objet de leurs prédilections.

Il faut aussi que les maîtres eux-mêmes se communiquent leurs travaux, en tirent un mutuel profit. Il faut enfin qu'ils discutent entre eux les questions les plus délicates et les plus difficiles. L'aiguillon de la contradiction est nécessaire aux hommes voués à l'enseignement ; à n'en pas sentir parfois la stimulante morsure, leur esprit deviendrait à la longue languissant ou orgueilleux.

Voilà bien des raisons de désirer le réveil définitif de la section de la *Société scientifique* dans les attributions de laquelle le règlement a placé les sciences économiques.

La vitalité lui est permise sans que d'autres sociétés en doivent souffrir, car le champ ouvert à son activité, champ fort vaste, n'est point du tout celui du voisin.

Dans d'autres milieux, par exemple à la *Société centrale d'agriculture de Belgique*, les discussions ont un objet délimité par le titre même de l'association. A la *Société belge d'économie sociale*, sœur cadette de la Société de Paris dont Le Play fut le fondateur, et qui a rendu à la bonne cause des services signalés, la méthode d'observation est celle qui guide généralement les conférenciers, mais les discussions n'y ont guère lieu qu'en fin de séance sous forme de questions posées au conférencier : elles ne sont pas préparées. Puis la Société se réunit chaque mois, mais non pas à jour fixe, de sorte qu'on n'y retrouve guère deux fois de suite le même auditoire disposé à reprendre une discussion entamée. On se sépare quand la discussion pourrait s'engager avec le plus vif

intérêt, et les plus beaux jours n'y ont pas de lendemain. Elle n'a pas de sessions proprement dites, pas d'organe de publicité (1).

Au contraire, quel milieu plus favorable aux études de détail pourrait être trouvé que la *Société scientifique ?* Ses sessions espacées, ayant lieu à époque fixe, sont bien faites pour réunir les spécialistes ; ses sections poursuivent les études de détail dans des réunions intimes et discrètes, propices à la méditation partagée que doit être une discussion sérieuse et vraiment scientifique ; ses ANNALES sont là pour garder le souvenir des travaux effectués et enregistrer les résultats acquis ; enfin la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES peut reproduire les communications auxquelles il convient de donner une publicité plus étendue.

Appelé pour l'année 1898-99 aux fonctions de président de la cinquième section de la *Société scientifique*, qu'il me soit permis de signaler la reprise de son activité et de former le vœu de la voir travailler à l'égal de toutes les autres au progrès de la science.

II

Le titre de cette étude serait menteur, si je n'essayais de faire saisir l'excellence de l'étude minutieuse des faits par l'un ou l'autre exemple. Ils montreront la place que les recherches de ce genre occupent dans la science, et feront comprendre qu'il est souvent possible d'en tirer des conclusions très générales.

(1) A Dieu ne plaise qu'on prenne ces lignes pour une critique ! J'ai l'honneur d'appartenir à la Société d'Économie sociale depuis plus de dix ans, et j'y rencontre d'anciens maîtres chéris, des collègues et des amis en grand nombre. Une circonstance récente m'a, d'ailleurs, fourni l'occasion de dire tout le bien que je pense de la Société, de son œuvre, et en particulier de son distingué secrétaire perpétuel, M. Victor Brants, professeur à l'Université de Louvain.

Mais la juste appréciation de la portée de ces exemples peut exiger quelques considérations préalables.

Je choisirai, pour mon premier essai, l'étude monographique d'une loi d'impôt.

L'extension toujours croissante des budgets des États, et le grand développement des travaux relatifs à l'économie financière en Allemagne notamment, ont eu pour effet de constituer cette branche de l'économie politique à l'état de science distincte sous le nom de *science financière*, ou science des finances publiques.

N'est-ce pas là plutôt une modalité de l'art de gouverner ? Je ne le pense pas, si cette conception est exclusive du caractère scientifique de l'économie financière. Malgré les procédés empiriques des gouvernements et des législateurs en matière de fiscalité, l'observation permet que des faits on dégage des principes certains, des *lois* qu'il est possible de coordonner entre elles. Il y a donc une science des finances publiques, comme il y a une science économique et une science de l'État. C'est à cette science que se rattachent les multiples problèmes relatifs au crédit public et à l'impôt.

Pour ne parler que de l'impôt, la science financière a établi à son égard, au sujet de son assiette, de sa perception, de la quotité du revenu des citoyens que le fisc peut réclamer, des règles importantes et précises.

Et tout d'abord, la continuité des besoins de l'État, la périodicité des appels qui doivent être faits aux contribuables, imposent impérieusement l'obligation de laisser intact le capital national et de prélever l'impôt sur le seul revenu.

On tend, de plus, à baser l'impôt sur le revenu vrai et non pas présumé.

Ici deux types d'impôts perçus directement sur le revenu se trouvent en présence, fournis par la pratique l'un et l'autre. Leurs mérites respectifs peuvent offrir aux théori-

ciens une précieuse occasion de disserter et de discuter à perte de vue.

Selon l'un des systèmes, le législateur prétend que le fisc connaisse la situation de fortune de chacun, les revenus et les charges des contribuables, et il taxe chaque individu selon ses moyens.

Ce système, dit *personnel*, est celui de l'*Einkommensteuer* prussien. C'est, d'après l'expression française, l'impôt sur le revenu *global*.

On l'oppose au système dit *réel*, lequel est réalisé lorsque la loi veut atteindre non plus les revenus individuels, mais toutes les sources du revenu, telles que terres, maisons, fonds publics, capitaux employés dans les affaires, valeurs industrielles, traitements, pensions, émoluments de toute sorte.

A première vue, le système personnel est bien supérieur à l'autre : il est l'équité même, semble-t-il. Il permet de proportionner les cotisations aux charges, de traiter différemment le riche et le pauvre, le créancier et le débiteur, le célibataire et le père de famille, le rentier et le laborieux : le tout, grâce au principe fondamental du système, la taxation du *revenu net*.

Quand on y regarde de près, quand on pénètre dans le détail de l'organisation, on s'aperçoit que la déclaration du contribuable sur laquelle l'institution repose, est une obligation d'inégale valeur pour les uns et pour les autres.

Plus la fortune du contribuable est modeste, plus médiocre est sa condition, — plus l'obligation d'une déclaration de ses revenus et de ses charges, plus l'établissement d'une comptabilité exacte présente pour lui de difficultés.

La sincérité de la déclaration est, en ce qui le concerne, la conséquence obligée de cette situation ; mais il n'en est pas de même pour le contribuable fortuné, tirant des revenus des sources les plus diverses, pouvant déposer chez un

banquier de l'étranger les valeurs étrangères qu'il possède, et charger ce dépositaire de percevoir ses revenus.

Au contraire, dans le système de l'*income tax* britannique, la déclaration du débiteur du fisc est l'exception. Ce qui caractérise l'income tax c'est la retenue *(stoppage)*, le souci de capter le revenu à sa source, de ne jamais le laisser passer par deux mains avant de prélever la part du trésor public. C'est ainsi qu'on réclame du fermier le payement de la taxe foncière, et des banques chargées de payer les coupons des fonds publics, l'impôt sur ces coupons.

L'income tax est, en effet, un code de taxes. Ce qui en fait l'unité, est bien moins le traitement égal de tous les revenus — l'égalité est d'ailleurs plus apparente que réelle — que la possibilité pour le contribuable de faire, dans son intérêt, l'addition de toutes les fractions de son revenu prélevées par le fisc, pour obtenir un traitement de faveur.

Ledit traitement est réservé par la loi à tous ceux qui ne jouissent pas d'un revenu déterminé. Le législateur britannique est donc revenu par un détour au système personnel, il a entendu ne taxer que le revenu net ; bien plus, il a admis des exemptions et des réductions d'impôt en faveur des citoyens les moins fortunés.

Autre point à noter, il a successivement étendu ces dégrèvements. Pour ne parler que des mesures les plus récentes, disons seulement que, depuis 1894, les revenus de moins de 160 £. sont exempts de l'impôt ; le contribuable dont le revenu est inférieur à 400 £. obtient une déduction de 160 £.

Depuis la même époque, ceux qui ont un revenu de 400 à 500 £., peuvent également obtenir une réduction qui consiste à exempter 100 £. de la taxe. On vient de porter pour cette catégorie de contribuables l'exemption de 100 à 150 £. C'est aussi à partir de cette année que des exemp-

tions profiteront aux bénéficiaires de revenus variant entre 500 et 700 £.

Rendons ces avantages plus frappants en montrant, grâce à l'emploi d'expressions empruntées au régime monétaire qui est le nôtre, l'importance des revenus avantagés, et par le fait même le grand nombre des citoyens admis à jouir des faveurs dont il s'agit. Au-dessous de 4000 fr. le revenu n'est pas soumis à l'impôt. Les contribuables qui ont un revenu inférieur à 10 000 fr. ne sont passibles de la taxe que sur la fraction de ce revenu qui dépasse 4000 fr. A moins d'avoir un revenu supérieur à 17 500 fr., on jouit d'une réduction de droits, d'autant plus forte que le revenu est moindre, et consistant dans la non-taxation de 1750 fr. au moins.

Pour être admis à bénéficier des dispositions de la loi, il suffit de faire aux officiers du fisc les déclarations nécessaires. Ceux-ci opèrent, lorsqu'il y a lieu, les restitutions congrues, ou bien dispensent le déclarant de payer.

Cette organisation s'explique par l'histoire de l'income tax qui fut d'abord un impôt sur le revenu global. On le transforma presqu'aussitôt après sa création, pour des raisons *de facilité* et *d'économie* (1), mais en maintenant cette règle essentielle qu'un citoyen pourrait toujours obtenir les restitutions d'impôt légitimées par la modicité du revenu.

Le législateur n'a pas voulu qu'on pût jamais « tuer la poule aux œufs d'or », compromettre le rendement et les plus values futures de l'impôt en entravant la formation de la richesse publique. Or, tel est l'effet des taxes perçues sur les petits revenus.

Il importe de remarquer, au surplus, que ces faveurs créent entre les contribuables des inégalités plus apparentes que réelles, parce que les taxes indirectes grèvent plus

(1) Fraudes et contrôle sont ramenés, peut-on dire, à un minimum irréductible.

lourdement les petits contribuables que les riches. Le système britannique, qu'on a appelé « dégressif », tend, en somme, au retour à la proportionnalité pour l'ensemble des taxes.

Si nous pénétrons plus avant encore dans le détail de l'institution de l'income tax, nous voyons Gladstone réintroduire en 1853, dans la loi organique de cet impôt, une disposition bien digne d'attention, qui prit place à côté des déductions générales dont il a été question à l'instant. Depuis lors, en effet, une déduction spéciale peut être réclamée par tout contribuable qui a contracté une assurance-vie. Cette faveur — cette fois c'en est une — sera réclamée avec succès par tout contribuable, quel que soit son revenu, s'il a « contracté sur sa propre tête ou celle » de sa femme une assurance-vie, ou une annuité différée, » pourvu que les primes payées en raison de ces assuran- » ces ne soient pas consenties pour une période inférieure » à trois mois ».

On trouve dans la loi prussienne une disposition qui se rapproche de celle-ci; mais, en Prusse, l'exemption d'impôt pour la fraction du revenu affectée à l'acquit de la prime est accordée seulement à la condition que les primes ne dépassent pas 600 marks par an.

La limite que le législateur met ainsi à la prévoyance est fâcheuse. En Angleterre, il a su mieux concilier l'intérêt du fisc et l'encouragement qu'il voulait donner à la pratique de l'assurance-vie.

Dans ce dernier pays, la réduction s'accorde pour la fraction du revenu consacrée au payement de la prime, à concurrence du sixième du revenu total. La faculté de majorer l'assurance avec l'âge, avec la survenance d'enfants, avec l'accroissement du revenu est ainsi laissée au contribuable.

En Prusse, il n'a été établi qu'une égalité apparente dans l'octroi du bénéfice fiscal ; car une somme égale représentative d'une prime d'assurance ne garantit pas un

capital égal au décès, si les assurés sont d'âge différent. Par une erreur singulière de l'auteur de cette disposition, celle-ci est favorable à ceux qui ont contracté une assurance-vie dans leur jeunesse, justement quand on ne songe guère à le faire, quand souvent on n'a ni ressources suffisantes pour le faire, ni même raisons de le faire.

La limite britannique, variable pour chaque revenu individuel et selon les variations de ce revenu, ne peut être pratiquement un obstacle à l'assurance, quel que soit l'âge de celui qui contracte l'assurance, et quel que soit son revenu.

Il est trop tôt pour juger la loi prussienne par ses résultats. D'ailleurs, la place que l'ensemble des institutions de l'Empire allemand laisse au développement de l'assurance volontaire est restreinte. En effet, la classe la plus nombreuse de la nation, obligatoirement assurée contre la maladie, les accidents du travail, l'invalidité prématurée et la vieillesse, n'est plus placée dans les conditions favorables à l'épanouissement de l'assurance-vie.

Les dispositions de l'*act* de 1853 relatives aux assurances n'ont pas tout d'abord donné de résultats appréciables. Mais ensuite, il en a été autrement. En 1880, plus de 34 000 contribuables, et 130 000 en 1892, ont obtenu des déductions d'impôt, du chef de l'assurance dont ils avaient eu à acquitter la prime.

Voilà que l'étude détaillée d'un des multiples aspects de l'*income tax* nous a amené à fixer notre attention sur l'ingénieuse sollicitude du législateur britannique à l'égard de ceux qui ont recours à l'assurance-vie.

Si l'on y réfléchit, on voit que cette sollicitude est deux fois justifiée, d'abord par l'utilité sociale du développement de la prévoyance sous cette forme excellente, ensuite par l'intérêt final du Trésor.

S'il est bon d'assurer les habitations et le mobilier qu'elles contiennent contre l'incendie et d'assurer les récoltes contre la grêle, combien est plus désirable encore

la généralisation de l'assurance qui a pour objet la vie de l'homme, qui prévoit le décès ! Cet accident inévitable de la nature, s'il atteint un chef de famille, se répercute trop souvent sur la communauté sociale tout entière. L'assurance en prévient les suites, empêche la famille de devenir nécessiteuse ; elle allége par là les charges de la bienfaisance publique et favorise singulièrement le développement de la richesse générale.

Ces considérations nous conduisent tout naturellement à la justification fiscale même des réductions d'impôts en faveur de l'assurance-vie. Car, à une échéance inévitable — le décès de l'assuré — le fisc retrouve le capital dont il a favorisé la formation, pour en soumettre le revenu, s'il est suffisant, à l'impôt. Dans le cas où ce revenu serait faible, trop faible pour n'être pas exempt de l'impôt, la partie serait-elle décidément perdue pour le fisc ? Pas le moins du monde. Le petit patrimoine constitué grâce à l'assurance peut devenir le point de départ d'une fortune, de plusieurs fortunes, parce que les membres de la famille sauvée de la misère par l'assurance trouveront dans la possession d'un patrimoine le levier de leur activité économique, au lieu de subir l'action déprimante de la bienfaisance publique.

On le voit, l'étude du détail peut mener loin.

J'ai dit pourtant bien peu de chose au regard de ce que j'aurais pu tirer de réflexions de l'étude détaillée de l'income tax.

Sans doute, j'ai montré que le système de l'impôt *réel* est susceptible d'être organisé de telle sorte qu'il y soit tenu compte du niveau de fortune des contribuables. J'ai montré aussi, m'attardant à un point de détail, que le législateur britannique avait mieux que le législateur prussien concilié, avec l'organisation générale de l'impôt, les avantages ménagés aux citoyens assurés sur la vie. Même on a pu percevoir cette conclusion de mes observations : la possibilité d'étendre les applications du principe des exemptions

ou réductions *personnelles* de l'impôt dans le système *réel*.

J'aurais pu montrer encore comment la taxation des revenus de toute nature, égale en apparence dans l'organisation de l'impôt britannique, est en réalité fort inégale. J'aurais pu montrer que l'income tax, dès l'origine de cet impôt, et de plus en plus au fur et à mesure des réformes qu'on y a apportées, tend à établir entre les revenus, au point de vue de leur taxation, une distinction basée sur le fait qu'ils sont produits dans des conditions différentes de sûreté, de permanence, de spontanéité. Or, c'est là une exigence de la science comme de l'équité.

Mais surtout j'aurais pu, revenant ainsi à mon point de départ, montrer que les impôts directs, perçus selon le système britannique, ne représentent et ne peuvent représenter qu'un élément du budget des recettes de l'État, si bien appelé le budget des voies et moyens, parce que le dresser n'est autre chose que rechercher les voies les plus sûres et les moyens les plus prudents de pourvoir aux dépenses publiques.

En divers pays, l'ensemble des contributions directes fournit au budget le quart environ de ses ressources. Cette proportion varie. Elle est en Angleterre du sixième seulement, malgré le rendement superbe et croissant de l'impôt. Et il n'en pourrait être autrement ; à majorer le taux de l'impôt on n'en augmente pas indéfiniment la productivité : la modération est une nécessité. L'expérience a démontré le caractère utopique de l'impôt *unique* sur le revenu. Elle a permis d'établir que la faculté de prestation des contribuables, moins bien définie lorsqu'elle est envisagée dans sa généralité, est assez étroitement limitée en ce qui concerne les prestations directes sous forme d'impôts de quotité ou de répartition.

III

L'exemple développé qui précède suffira, sans doute, pour montrer comment, de l'examen des détails d'un problème, on peut tirer des conclusions théoriques et pratiques importantes.

Je me contenterai d'indiquer encore, mais sans aucun développement cette fois, à titre d'exemples, quelques affirmations de portée fort générale, que l'on pourrait dégager d'observations faites au cours d'études de détail, et dont la démonstration se présenterait par le fait même dans des conditions d'objectivité, de sincérité et de certitude toutes particulières.

Prenons cette question extrêmement complexe des variations des prix, si difficile, si spéciale et, d'autre part, d'une si grande importance pratique, car les effets sociaux des mouvements des prix sont considérables. Cette vérité, M. Léon t'Serstevens, l'agronome bien connu, traitant de la hausse du prix des blés devant la *Société centrale d'agriculture*, le 8 juin dernier, en faisait l'application et disait : « Le froment à 12 ou 15 francs cause autant de ruines et de pertes que la hausse du froment à 35, 40 et 45 francs peut en produire. C'est le producteur qui se ruine, ou c'est le consommateur qui pâtit ; l'un et l'autre sont des ouvriers, tous deux sont dignes d'intérêt et de sollicitude — dans les deux cas c'est le pays qui souffre, c'est la paix sociale qui est en danger ».

Il semble, à première vue, que le bon marché — par conséquent, la baisse qui y ramène les hauts prix ou augmente encore le bon marché — soit la situation la plus désirable au point de vue général, au point de vue de la masse des consommateurs. Même l'expression qu'emploie la langue française est suggestive à ce point de vue, puisqu'un bon marché signifie, d'après l'usage, un achat à bas prix.

A la réflexion cependant on comprend vite que la chute des prix, si elle était constante, et même simplement si elle était de longue durée, paralyserait toutes les initiatives, ruinerait le commerce et mettrait les ouvriers sur le pavé.

Que faut-il donc choisir de la hausse ou de la baisse ? La science a répondu en montrant quelle loi régissait normalement les prix, et il se trouve qu'elle est en somme bienfaisante.

En effet, l'observation réitérée des faits a permis de découvrir la loi à laquelle obéissent les fluctuations des prix. Un économiste français de grande valeur, M. Juglar, l'a appelée la *périodicité des crises*.

D'après les constatations de cet auteur, « une nation se trouve toujours placée soit dans une période prospère, soit dans une période de crise, soit dans une période de liquidation. » Ces trois périodes se succèdent toujours dans le même ordre, mais l'amplitude des mouvements peut différer, et diffère en effet ; elle est d'autant plus grande que la richesse est plus développée. La hausse a donc sa place marquée, elle est le levier des affaires; mais l'expansion de celles-ci subit tôt ou tard, nécessairement, un arrêt après lequel les affaires se liquident et qui ramène les prix au niveau le plus bas.

Observateur non moins sagace, M. Paul Leroy-Beaulieu est parvenu à une autre et non moins intéressante découverte. Il l'a formulée en ces termes qui en font bien ressortir toute la portée : « L'état économique normal, toutes autres circonstances restant égales, est la tendance à une baisse des prix autres que les salaires. »

Vraiment, si les deux *constatations* se complètent, elles autoriseront à coup sûr l'optimisme. Mais elles semblent plutôt se combattre, du moins à première vue, l'un des auteurs semblant affirmer l'existence d'une sorte de *circulus* des prix, l'autre la tendance à une baisse continue.

A la vérité, il n'y a point de contradiction — et même point de contradiction possible, puisque de part et d'au-

tre, on est en présence de faits observés — entre les théories établies par MM. Juglar et Leroy-Beaulieu.

L'effort qu'il faut faire pour montrer qu'elles ne sont point en opposition entre elles, a cet heureux résultat de les mieux préciser l'une et l'autre. Les périodes de hausse qui succèdent à toute crise, à toute liquidation, alors que les affaires reprennent, ne sont pas nécessairement des moments où les prix sont élevés ; ils peuvent être *plus bas que les prix de la période de hausse qui a précédé la crise, tout en étant supérieurs aux prix de liquidation.*

Puis, l'incorporation des salaires aux prix des produits fabriqués peut faire illusion, même fait et doit faire illusion. Grâce à cette circonstance, un prix en hausse selon les cours peut être un prix en baisse pour l'industriel, si le profit de tous les autres facteurs qui concourent à la détermination du coût de production se trouve réduit au profit des salariés.

Il est bien clair que les études monographiques peuvent seules donner sur ce point des indications satisfaisantes, peuvent seules fournir le *contrôle nécessaire.*

Mais s'il est adéquatement démontré que la formule de M. Leroy-Beaulieu est conforme à la vérité des faits, quel argument décisif contre les reproches adressés à l'organisation économique actuelle que l'on prétend spoliatrice à l'égard de l'ouvrier ! Quelle légitimation, quelle glorification même des règles selon lesquelles a lieu dans nos sociétés la répartition des biens !

Je termine par l'indication de deux constatations qui, à mon sens, sont de très grande force démonstrative contre le socialisme. Elles sont relatives non plus à la distribution, mais à la formation de la richesse.

Il est universellement admis, et forcément avoué, puisqu'il s'agit d'une démonstration expérimentale, que les impôts trop lourds entravent le développement de la richesse publique. L'exemple de l'Italie est classique. Combien plus impuissant à favoriser ce développement

serait le collectivisme, puisqu'en régime collectiviste, l'État, loin de se contenter de prélever sur les revenus individuels les ressources nécessaires au fonctionnement des administrations publiques, laisserait seulement à chacun ce qu'il jugerait bon !

Il a été fait allusion à l'instant à la théorie de la périodicité des crises. Pour expliquer cette périodicité après l'avoir constatée, M. Juglar a été amené à mettre en relief le rôle de l'épargne dans l'organisation économique des nations civilisées. D'après lui, c'est grâce à la puissance de l'épargne annuelle que l'activité des affaires se soutient, parce que l'excédent de la richesse produite sur la richesse consommée met à la disposition des entreprises nouvelles des capitaux nouveaux et en quête d'emploi. L'épargne est donc un facteur essentiel du progrès économique.

Nous sommes ici en présence d'une constatation fort importante en elle-même et par ses conséquences.

Constatation importante en elle-même, ai-je dit Pourquoi ? Parce qu'elle nous montre l'épargne, indépendamment de la condition de ceux qui peuvent épargner, exerçant son action bienfaisante sur la société tout entière.

Quant aux conséquences de la constatation, on les aperçoit déjà. La puissance de l'épargne vient de son caractère individuel ; elle s'anéantirait en régime collectiviste, moyens et raisons d'épargner faisant également défaut.

Objectera-t-on que chacun savait bien cela, et qu'il n'était pas besoin d'une étude de détail des mouvements des prix pour être en mesure de l'affirmer ?

Je répondrai que l'intérêt de la constatation vient ici, et il est considérable seulement pour cela, des circonstances dans lesquelles elle a été faite, c'est-à-dire, sans qu'on eût en vue le socialisme et les moyens de le combattre. L'on recherchait, en effet, les causes des mouvements des prix, et l'on n'a pu expliquer le fait des crises commerciales et de leur retour périodique sans constater la puissance de l'épargne et ses effets.

C'est par de semblables travaux, bien plus que par des discussions d'écoles, toujours un peu vaines, qu'on démontrera que l'économie politique est une science.

Or, c'est là une vérité méconnue, et dont la méconnaissance est très malfaisante.

Quel ignorant le serait assez pour oser s'essayer sans formation spéciale à l'art de l'architecte par exemple, ou s'improviser jurisconsulte ?

Pourtant, lorsqu'il s'agit de cette science redoutable où l'erreur a une portée sociale bien plus grande que le manque de solidité d'un édifice ou qu'une procédure maladroite, chacun se croit en possession de connaissances ou plutôt d'aptitudes suffisantes !

Rien ne montre mieux que l'étude du détail la nécessité d'une préparation scientifique pour la compréhension de l'économie politique et des phénomènes qui s'y rattachent. Rien ne fait mieux comprendre que, si l'on naît financier, on devient économiste.

Il ne faut donc point étudier le détail pour le détail, ni même étudier les faits pour la connaissance des faits eux-mêmes.

L'analyse doit être féconde et concluante. En rassemblant des éléments vérifiés d'analyse, on doit avoir en vue la recherche *finale* de la synthèse et, par elle, la possession de la vérité.

Il s'agit d'arriver par la mise en œuvre de la méthode, en ce qui concerne une science encore en formation, à satisfaire une tendance intime de notre être qui tend au Vrai comme au Bien.

Si humble qu'elle semble à première vue, la méthode n'est donc qu'une voie à suivre pour nous rapprocher de Dieu, de Dieu éternelle Synthèse, de Dieu Vérité complète.

ÉDOUARD VAN DER SMISSEN.

LA FIN DU MONDE

On s'étonnera peut-être de me voir traiter un sujet aussi usé que celui-ci. Il n'y a plus guère que les journalistes à court de copie, ou les aspirants prophètes qui se hasardent encore à agiter devant le public ce fantôme, le cauchemar de nos ancêtres. Aujourd'hui on n'a plus de ces terreurs folles ; et si l'on s'occupe encore de la fin du monde, c'est sous l'impulsion de cette curiosité inquiète qui pousse l'homme à scruter les secrets de l'avenir aussi bien que les mystères du passé.

Que faut-il entendre par la *fin du monde ?* On peut y comprendre la destruction totale de notre globe, voire même de tout le système planétaire ; on peut aussi l'envisager à un point de vue plus restreint, et la considérer simplement comme la disparition de tous les êtres vivants que le monde renferme. C'est surtout sous ce dernier aspect qu'il y a d'intéressantes considérations à émettre et que nous l'étudierons plus particulièrement.

Nous examinerons d'abord quelle réponse la science peut faire à cette mystérieuse question : Comment finira le monde et, plus spécialement, la vie ?

Nous verrons ensuite si, parmi les genres de mort possibles, il en est qui sont probables ; en d'autres termes, si la science peut dire avec certitude quel genre de mort menace effectivement notre monde.

Lorsque l'homme essaye de se représenter par quels phénomènes la vie pourrait s'éteindre à la surface du globe, il est bien rare qu'il ne fasse pas appel à des

cataclysmes extraordinaires, à des causes extraterrestres. Il n'y a à cela rien d'étonnant. Pour l'observateur superficiel, la terre est par excellence le type de la stabilité. Une catastrophe soudaine, un tremblement de terre, une éruption volcanique viennent bien nous rappeler de temps en temps que la terre ferme, comme nous l'appelons, n'est pas aussi immuable que nous voulons bien nous le figurer ; mais ce n'est là qu'un accident passager et local. Bientôt rassurés, nous nous accoutumons à croire que rien ne peut interrompre le majestueux cycle des phénomènes qui se déroulent à la surface de notre globe. Aussi, pour nous imaginer que tout cela pourrait avoir une fin, nous sommes obligés de recourir à des cataclysmes dépassant de loin tous ceux dont font mention les annales de l'humanité. Volontiers dans ce champ l'imagination populaire se donne carrière et se rabat surtout sur ces astres échevelés, les comètes, dont l'apparition vient de temps en temps troubler la sérénité des cieux.

Bien peu de gens songent que pour faire disparaître la vie de notre globe pas n'est besoin de recourir à ces moyens violents, et que des causes toutes simples, toutes naturelles, suffisent à faire mourir lentement, mais sûrement, tous les êtres vivants et la terre ferme elle-même.

Il y a donc, *a priori*, deux sortes de fins possibles : l'une accidentelle, pourrait-on dire, l'autre naturelle.

A la question ainsi posée, il me semble que la science peut faire la réponse suivante : De mort naturelle, le monde peut mourir de *soif*, de *noyade* ou de *froid*. Par catastrophe, le monde peut mourir par le *feu*.

Le monde des êtres vivants peut mourir de soif. A première vue, cette affirmation paraîtra peut-être bien paradoxale. On sait, en effet, qu'il y a à la surface de notre globe des masses d'eau colossales dont il est aisé de se faire une idée. La surface totale de tous les océans est d'environ 375 000 000 de kilomètres carrés. Si l'on multiplie ce nombre par celui de 4000 mètres qui représente

la profondeur moyenne de ces océans, on arrive à un chiffre de mètres cubes qui effraye l'imagination. Ce produit imposant n'est-il pas de nature à nous rassurer sur l'avenir des êtres vivants qui peuplent notre globe et auxquels l'eau est absolument indispensable ? Nullement, tout inépuisable qu'elle paraisse, cette réserve doit diminuer petit à petit pour s'annihiler en fin de compte. C'est ce que nous allons essayer de démontrer.

A côté du chiffre fantastique que nous avons assigné à la masse des océans, il en est un autre, incomparablement plus élevé, c'est celui qui exprime le volume total de la partie solide de notre globe et de la partie incandescente qui compose son noyau central. Quelques données vont nous permettre de l'apprécier. Le rayon équatorial du sphéroïde terrestre est d'environ 6378 kilomètres. En supposant que l'on répartisse sur la surface entière du globe toute l'eau des océans, il n'y aurait sur le globe qu'une pellicule liquide de 4 kilomètres, un rien comparé aux 6378 kilomètres que mesure le rayon terrestre. Or l'observation nous montre qu'il y a dans les roches de la masse solide et incandescente du globe, absorption continue d'eau. Dans la partie solide, cette imbibition se fait en vertu de la porosité plus ou moins grande des roches et de l'attraction capillaire qui retient l'eau dans ces pores. Même les pierres les plus dures renferment de cette eau que les carriers connaissent très bien et à laquelle ils donnent le nom d'eau de carrière. Outre cette *eau d'imbibition*, beaucoup de roches renferment encore de l'*eau* à l'état *de combinaison*. C'est celle qu'on appelle, en chimie, eau de cristallisation, d'hydratation ou de combinaison suivant les cas. Or toute cette eau contenue dans les roches est à peu près perdue et inutilisable pour les êtres vivants. Elle représente, peut-on dire, la quantité d'eau qui a déjà été soustraite dans le passé à la réserve, par les phénomènes que nous étudions. Or ces phénomènes ne sont pas destinés à s'arrêter, bien

au contraire. En effet, la partie solide de notre globe, celle donc que l'on peut considérer comme saturée et dont la soif est satisfaite, ne forme non plus qu'une fraction très peu importante du volume total du globe. D'après les géologues les plus généreux, la croûte solide n'aurait que 100 kilomètres d'épaisseur, tandis que pour d'autres ce chiffre ne serait que de 16 kilomètres. Peu de chose, en tous cas, comparativement aux 6000 kilomètres de tantôt. Mais la masse fluide et incandescente du globe, comme nous allons le voir, c'est le convive de demain désireux de satisfaire, lui aussi, la soif qui le consume, au même baquet que nous. Tant que ce noyau interne reste incandescent, aucune absorption d'eau ne peut se produire, grâce à l'élévation de la température ; mais lorsque, par suite du refroidissement continu de ce noyau, ses couches périphériques viennent à se solidifier, l'eau immédiatement appelée vers le bas par la pesanteur, entre en réaction avec les nouvelles roches, si même elle n'a pas déjà coopéré à leur formation. Les produits de la solidification du noyau de la terre, qui échappent à ce premier contact avec l'eau, ne sont cependant pas soustraits à son atteinte. Plus tard, des mouvements de l'écorce terrestre amènent à la surface du sol les roches les plus profondes de la croûte terrestre, et là elles viennent en réaction avec l'eau. On peut même affirmer que les matières qui composent ce noyau incandescent de la terre seront, plus tard, plus avides d'eau que leurs devancières. Peut-être un esprit sceptique songera à demander comment on peut se figurer ce que sera la composition de matières absolument inaccessibles à nos investigations. A cela je répondrai que l'on peut aisément, par l'observation, aidée du raisonnement, se faire une idée de la constitution chimique du noyau central de la terre. C'est une chose parfaitement acquise aujourd'hui, que la densité moyenne de la terre est d'environ 5,5, c'est-à-dire que la terre pèse 5 fois et demie autant que si elle était formée d'eau distillée. Or

l'immense majorité des roches que nous connaissons à la surface du globe, l'eau qui constitue les océans, tout cela a une densité bien moindre (densité : 2,5 pour la partie solide). Si donc la densité moyenne est de 5,5, c'est qu'il y a au centre des matières dont la densité est bien supérieure à 5,5 et qui contrebalancent la faible densité des matériaux superficiels. On a pu calculer mathématiquement la répartition des densités dans le sphéroïde terrestre et l'on a constaté ainsi que sur un rayon de la terre, la densité doit être de 2,5 à la surface, de 8,5 au milieu et de 11,3 au centre. Il est donc très probable qu'il y a, sous la croûte solide que nous foulons, une zone fluide où la densité atteint 5,5 ; puis 6,5, puis 7 et ainsi de suite, c'est-à-dire à peu près la densité du fer. Et de fait, on remarque que les roches éruptives récentes, qui paraissent venir des zones les plus profondes, amènent avec elles des quantités de matières métalliques, surtout du fer, du chrome, du titane et confirment ainsi par l'observation directe ce que le raisonnement avait fait prévoir. Mais ce n'est pas tout.

L'opinion la plus accréditée aujourd'hui au sujet des aérolithes, est que ce sont d'anciens fragments de la terre (1), expulsés de celle-ci à une période éloignée de son histoire et qui lui reviennent aujourd'hui après une longue infidélité. Nul n'ignore que l'immense majorité des pierres tombées du ciel est constituée par du fer métallique, du nickel, du cobalt. Ces enfants prodigues de la terre viennent donc aussi à leur tour nous montrer quelle est la composition des parties profondes de notre globe. L'accord des trois indications est trop satisfaisant pour qu'on puisse se refuser à voir dans ces parties profondes de grandes masses métalliques où domine surtout le fer. Or, de tous les métaux métalliques il n'en est pas qui

(1) Cf. R. P. Carbonnelle : *Étoiles filantes et météorites*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 20 octobre 1888, p. 419, et 20 janvier 1889, p. 143, t. XXIV et XXV de la première série.

soit plus avide d'eau. Déjà aux périodes passées, le fer était très répandu dans les roches et sa combinaison avec l'eau nous a valu cette rouille ou oxyde de fer que la nature a si libéralement étendu sur sa palette, lorsqu'elle était friande de peinture. Je n'en veux d'autre preuve que l'abondance des roches rouges que l'on constate à toutes les périodes géologiques.

Voilà donc un fait bien établi : notre globe se compose de matériaux avides d'eau. Comme, d'une part, ces matériaux constituent des volumes énormes, et que, d'autre part, la réserve d'eau, si colossale qu'elle soit, n'est rien en présence des besoins à satisfaire, la conclusion s'impose ; toute la masse des océans disparaîtra petit à petit dans les entrailles de la terre. Contrairement à ce qui a lieu pour les êtres vivants dans lesquels l'eau ne fait que passer, une fois engagée dans les roches physiquement ou chimiquement, elle ne peut en sortir que sous l'influence d'une forte chaleur dont rien ne permet de prévoir la réalisation. Elle est dès lors perdue pour les êtres organisés et, sans grand effort d'imagination, on peut prévoir ce qui en résultera dans l'avenir. Progressivement la masse des océans diminuera, les pluies qui fécondent les continents se feront plus rares, les déserts s'étendront de plus en plus. Cette époque pourra, à beaucoup plus juste titre que la nôtre, être appelée *the irrigation age ;* car il est certain qu'à ce moment l'humanité essayera par tous moyens de lutter contre cette déperdition progressive de la sève du monde organisé. J'aime à espérer qu'on n'aura pas attendu jusqu'alors pour considérer les buveurs comme des calamités publiques. Enfin, le tarissement des océans allant toujours croissant, un moment viendra, où ils se dessécheront tout à fait ; la vie se concentrera sur leur fond encore humide, puis disparaîtra définitivement. Déjà longtemps auparavant, plantes et animaux auront dû, pour subsister, se transformer et s'adapter aux conditions nouvelles et la faune et la flore auront pris cet aspect bizarre que l'on

observe de nos jours dans les déserts du Mexique et des États-Unis. Ce sera l'ère des cactus et des lézards. Quand notre pauvre planète sera privée de la brillante parure d'êtres vivants qui l'orne aujourd'hui, elle roulera morne et désolée dans l'espace, ne présentant plus à sa surface qu'un aride désert où les vents se donneront libre carrière. Comme conclusion, nous pouvons donc dire que même s'il n'existait pas d'autre cause de mort pour la terre, elle mourrait de soif, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer des cataclysmes, par le seul jeu des phénomènes naturels.

Certes voilà de bien tristes horizons, et mes lecteurs voudront sans doute s'en consoler en me déclarant mauvais prophète. Eh bien, je veux leur enlever cette ressource, en leur montrant que, très probablement, nous assistons à l'agonie d'un astre qui meurt de la façon que je viens d'indiquer et dont les destinées peuvent nous faire augurer les nôtres.

Je veux parler de la planète Mars, le plus intéressant et le mieux connu des corps qui font partie avec nous du système solaire. Que cette planète soit plus ancienne que notre terre, ou qu'elle ait reçu une moindre provision d'eau, un fait est certain, c'est qu'elle ne paraît plus posséder de masses d'eaux analogues à nos mers. Ce que l'on a baptisé de ce nom sur les cartes anciennes de Mars, ne sont certainement pas des mers. On aurait déjà pu le prévoir, en voyant l'extrême variabilité de ces prétendues mers. En effet, elles s'étendaient, se restreignaient, apparaissaient, disparaissaient à l'encontre de ce que fait toute mer qui se respecte. Une dernière observation est venue leur porter le coup de grâce. Si les grandes taches grises qui marbrent la carte de Mars étaient de l'eau à l'état liquide, cette eau devrait agir comme un miroir et, dans certaines conditions, nous refléterait l'image du soleil. Quoique ces conditions soient fréquemment réalisées, jamais les innombrables observateurs de Mars n'ont aperçu rien de pareil. Aussi on peut dire qu'il n'y a pas là de mers

au sens terrestre du mot. Il n'y a pas non plus de nuages et partant pas de pluie, car il est rarissime de voir la face de la planète se couvrir d'un voile quelconque. Et cependant il y a de l'eau sur Mars, c'est absolument certain. Les deux pôles de l'astre montrent, en effet, des calottes d'une blancheur éclatante, toujours inégales comme sur la terre, cette inégalité concordant, comme chez nous, rigoureusement avec les changements de saison. Cela ne laisse pas place au moindre doute; il y a là des calottes de glace polaires comme les nôtres, qui fondent quand l'été martien arrive. Mais ce n'est pas tout. Mars présente encore une autre particularité, la plus curieuse peut-être au point de vue philosophique qu'il y ait dans l'Univers en dehors de la terre. Je veux parler de ses célèbres canaux. Nul ne peut s'empêcher, en examinant une carte figurant ces canaux, d'être frappé de leur aspect géométrique si différent de ce que fait la nature; et on se prend, en les observant, à rêver à l'œuvre d'êtres intelligents. Ces curieux canaux ont été récemment l'objet d'une étude approfondie de la part de M. P. Löwell (1), auquel nous empruntons la figure 1 ci-contre.

Ce qui dans ces canaux est non moins curieux que leur extraordinaire régularité géométrique, ce sont les phases par lesquelles ils passent. A certaines saisons, ils sont visibles ; à d'autres, ils disparaissent et cela d'une façon régulière. On remarque de plus que, d'invisibles qu'ils étaient, ils deviennent graduellement visibles et que leur apparition est liée à la fonte des glaces polaires; car aucun canal ne devient visible tant que cette fusion n'a pas commencé. Quand ils commencent à se montrer, c'est près des pôles et ils gagnent progressivement vers l'équateur, se fonçant de plus en plus. Il semble difficile de nier que ces canaux proviennent de l'écoulement des eaux polaires vers les zones équatoriales. Mais, d'un autre côté,

(1) Percival Löwell : *Mars*, 1897.

les canaux mettent pour apparaître un temps beaucoup plus long que celui qui serait nécessaire si ces canaux étaient réellement remplis d'eau. Aussi M. Löwell considère-t-il, avec beaucoup de raison, ces canaux comme des bandes de végétation qui se développent petit à petit le long des rives, au fur et à mesure qu'elles se remplissent. L'énorme largeur de ces curieuses formations qui ont au moins un degré, n'aurait dans cette hypothèse plus rien d'étonnant ; et les renflements foncés que l'on voit aux

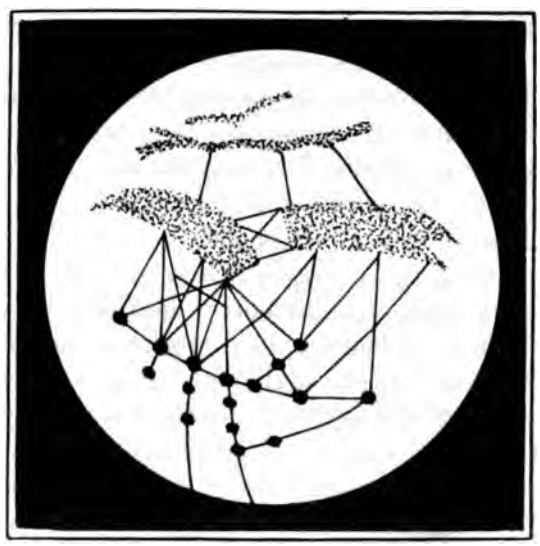


Fig. 1. — Aspect de Mars à 180° de longitude, d'après M. P. Löwell.

points de croisement des canaux seraient de vraies oasis. Il résulte de tout cela que ce que l'on appelait jadis des mers sont, au contraire, les espaces arides.

Que conclure de ces faits et des interprétations qu'on leur a données ? Évidemment, tout en faisant une sage réserve sur cette question encore si hypothétique, on ne peut guère s'empêcher de croire que l'on assiste sur Mars à la dernière phase de l'existence de l'eau. Un stade de plus, et cette dernière aura entièrement disparu dans les

entrailles de la planète. Celle-ci ne sera plus, dès lors, qu'un vaste cercueil entraînant dans sa course une surface morne et désolée. Telles sont, comme nous l'avons vu, les peu réjouissantes perspectives qui attendent aussi notre globe.

Détournons nos regards de ce tableau, et imaginons que nous échappions à la *mort par la soif* qui guette tous les êtres vivants. Ils ne pourront pas se soustraire à la *mort par le froid*.

Qui ne sait que nos destinées sont suspendues à celles de l'astre bienfaisant dont les rayons vivifient notre globe ? C'est bien de lui, de sa chaleur et de sa lumière que dépend l'existence de tous les êtres organisés. Il n'est donc pas hors de propos de s'enquérir des destinées de ce grand bienfaiteur. Si nous interrogeons la science sur ce sujet, voici ce qu'elle nous répond.

L'énorme quantité d'énergie que le soleil dépense à chaque instant, sans compter, pour porter dans tout son domaine la lumière et la chaleur et bien d'autres choses encore, doit aller forcément en diminuant et finir par s'épuiser totalement. Certes, c'est là une conclusion à laquelle notre esprit se refuse à souscrire de prime abord. Nous sommes tellement habitués à compter sur la bienfaisante action du soleil, et celui-ci nous a accoutumés à une telle régularité dans son activité, qu'il nous faut autre chose qu'une simple affirmation pour croire qu'un jour tout cela pourrait changer. L'étude du passé est là, d'ailleurs, pour nous montrer que, depuis l'ère historique, la radiation solaire n'a pas varié dans des limites accessibles à l'observation. Bien plus, en remontant jusqu'aux âges géologiques les plus reculés, toujours nous voyons à la surface de notre globe des êtres vivants, plantes et animaux. Pour qui connaît les limites étroites de température entre lesquelles la vie est forcément maintenue, il devient évident que la somme de chaleur versée à notre globe par le soleil, n'a

pas dû varier beaucoup depuis les temps reculés où les êtres vivants ont fait leur apparition sur la terre. Tout au plus, en se basant sur certains faits géologiques, peut-on croire que la distribution de cette chaleur à la surface du globe a pu subir des modifications ou des variations dont la cause nous échappe encore. D'ailleurs, si l'on songe à l'énergie colossale dont fait preuve le soleil, on se trouve en présence de chiffres tels que le facteur du temps semble totalement disparaître. Les expériences déjà anciennes de Pouillet ont montré, en effet, qu'un mètre carré de la surface solaire émet par seconde des radiations calorifiques qui, si elles étaient entièrement utilisées, produiraient une force de 77 000 chevaux-vapeur. La surface totale du soleil étant 12 000 fois celle de la terre, qui est elle-même de 510 millions de fois un million de mètres carrés, on voit quel prodigieux travail produit à chaque seconde le cœur de notre monde. Une telle constance dans l'action, jointe à une telle puissance dans les moyens, n'est-elle pas bien propre à nous confirmer dans la persuasion que le soleil ne s'éteindra jamais ? Pourtant il est mathématiquement certain qu'il en sera un jour ainsi ; voilà ce qu'affirme l'astro-physique, en se basant d'une part sur l'observation, de l'autre sur les inéluctables lois de la mécanique. Si l'on remonte, en effet, à la genèse de cette source puissante d'énergie, on doit se représenter, avec Helmholtz, ce qui s'est produit lors de la condensation de la nébuleuse que toutes les cosmogonies modernes placent à l'aurore de l'histoire des mondes. Dans ces milieux extrêmement raréfiés, la condensation provoque des chocs entre les particules et une annulation de force vive capable de produire les foyers de lumière et de chaleur qu'on appelle étoiles ou soleils. Pour notre soleil, cette condensation est loin d'être achevée. Il peut encore se contracter, et on a calculé qu'il suffit d'une contraction très minime de son diamètre pour produire l'énorme énergie que tout le monde connaît. C'est dans cette contraction

régulière, dans la circulation grandiose dont le globe solaire est le théâtre, et dans tous ces phénomènes qui constituent comme les palpitations du cœur géant de notre monde planétaire, qu'il faut chercher le secret de cette constance et de cette apparente fixité que nous avons signalées plus haut dans l'activité du soleil. Mais la contraction du soleil n'est et ne peut être que temporaire. Quand la condensation de la matière y aura atteint un certain degré, cette contraction diminuera d'abord, puis s'arrêtera. Simultanément, les radiations solaires s'affaibliront, puis s'éteindront définitivement quand le soleil sera suffisamment refroidi et contracté pour qu'il puisse se solidifier.

Pour nous figurer ce sort fatal qui attend notre soleil, nous ne sommes pas réduits à de simples conjectures. Il est dans le ciel d'innombrables congénères de notre soleil, ce sont les étoiles. L'histoire de celles-ci permet de se représenter par analogie les destinées futures de l'étoile au sort de laquelle nous sommes suspendus. Dans cet ordre d'idées, les admirables découvertes que l'emploi de l'analyse spectrale a permis de réaliser dans l'étude de la constitution physique des astres, apportent de précieux renseignements. Ainsi, d'après les recherches du P. Secchi, on peut classer les étoiles en quatre types dont trois sont surtout importants. Dans le premier type, il y a des étoiles blanches dont le spectre présente de grosses raies dont plusieurs peuvent être identifiées avec les raies de l'hydrogène à haute température. Les étoiles Sirius et Véga sont de bons exemples de ce type. Dans le second type, il y a les étoiles jaunes dont le spectre ressemble à celui de notre soleil et montre de nombreuses raies très fines. Parmi ces étoiles on peut citer : Pollux, Arcturus, la Chèvre. Enfin dans le troisième type, il y a des étoiles orangées et surtout rouges dont le spectre se montre formé de cannelures. Tel est le cas pour la plus brillante étoile de la constellation d'Hercule. Ce dernier type est beaucoup plus rare que les

deux autres... Ces belles recherches du P. Secchi ont été étendues depuis, et de récentes études de N. Lockyer (1) ont eu surtout pour résultat de rattacher nettement ces différents aspects des spectres aux stades d'évolution plus ou moins avancée des astres. Les étoiles blanches sont les étoiles dont la température est la plus élevée, ce sont les plus jeunes; l'hydrogène y existe à l'état d'incandescence en réserves immenses. Rien d'étonnant donc que ces étoiles soient encore si brillantes et si ardentes, si on réfléchit au rôle prépondérant que joue l'hydrogène dans la photosphère du soleil. Les étoiles jaunes sont celles qui, comme notre soleil, sont déjà plus âgées, plus épuisées. Enfin les étoiles rouges font preuve d'une température encore moins élevée, d'une phase de développement encore plus accentuée et plus voisine de son terme. Mais ce ne sont pas là les seuls renseignements que nous apporte l'analyse spectrale.

Il est des étoiles qu'on appelle variables par suite des différences qu'elles présentent, avec plus ou moins de régularité, dans leur éclat. Or, parmi ces étoiles variables, celles dont les variations sont vraisemblablement dues à des modifications dans leur constitution physique, sont presque toutes rouges et appartiennent au troisième type. On dirait, pour emprunter une comparaison un peu banale, qu'on se trouve là en présence de lampes fatiguées dont la lumière faiblit et commence à vaciller. Mais ce n'est pas tout. On connaît aussi des étoiles appelées temporaires, qui appartiennent également au type des étoiles rouges et qui jettent tout à coup un éclat très vif, pour s'éteindre bientôt ou, du moins, pour s'affaiblir très sensiblement. Une de ces étoiles, celle de 1866, examinée au spectroscope par W. Huggins, montrait un spectre ne ressemblant à celui d'aucune étoile connue. Il semblait être double, l'un rappelant le spectre du soleil, l'autre montrant les

(1) *The chemistry of the stars*; PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY, 1897.

raies d'un gaz très lumineux qui paraissait être l'hydrogène. On peut supposer, dit Huggins, que par suite d'une grande convulsion dans l'étoile, de grandes quantités de gaz s'en sont échappées; que l'hydrogène qui en faisait partie s'est enflammé et a donné à la photosphère de l'étoile un éclat inaccoutumé. A la suite de l'épuisement de cet hydrogène, l'étoile s'est éteinte rapidement. On le voit, à travers ces constatations relatives à la constitution physique des étoiles, on assiste en quelque sorte au développement successif de toutes les phases possibles de la vie d'une étoile. D'abord jeune, blanche, riche en hydrogène, l'étoile est un puissant foyer calorifique. En vieillissant, elle s'épuise, sa lumière pâlit et jaunit. Plus tard, elle pâlit davantage encore et devient rouge ; puis ce brillant flambeau commence à vaciller et finit par s'éteindre. Quelquefois, avant de s'éclipser pour toujours, l'astre jette un dernier et vif éclat. Mais si cette destinée est celle des étoiles, notre soleil qui n'est qu'une étoile devra donc aussi la partager. Il a été blanc, il est aujourd'hui jaune, demain il sera rouge, puis il s'éteindra. Longtemps avant que cette extinction finale soit arrivée, toute vie et tout mouvement auront disparu de la terre. Les pâles et fugitifs rayons qui nous arriveront encore, seront insuffisants pour aspirer l'eau des océans, pour provoquer les délicates réactions nécessaires à la vie. Celle-ci aura disparu à tout jamais. Un froid terrible, dont les hivers les plus rigoureux de la Sibérie ne sauraient nous donner une idée, étreindra le globe. Sa température se mettra en équilibre avec celle de l'espace. Que l'on adopte pour cette température les chiffres de Fourier ou ceux de Pouillet, peu importe. Une chose est certaine, c'est qu'aucun être vivant ne saura plus subsister. Les mers, s'il en reste encore à ce moment, se congèleront jusqu'au fond. L'humidité de l'air se condensera en neige qui recouvrira tout le globe d'un blanc linceul. Notre monde ne sera plus, dès lors, qu'une masse inerte promenant dans les sombres profondeurs de l'espace sa

face immuable à peine éclairée par la pâle lueur des étoiles. Le vent lui-même enchaîné par le froid ne fera plus entendre le moindre murmure.

Pour nous consoler de ces affligeantes perspectives, hâtons-nous d'ajouter avec un illustre astronome, M. Janssen : « Bien que notre soleil ne soit pas parmi les étoiles les plus blanches et les soleils les plus jeunes, il a cependant des perspectives qui peuvent suffire aux plus ambitieux rêves de l'humanité. »

Nous venons de voir comment la vie disparaîtra du globe sous l'influence d'un froid que rien ne saurait empêcher ; mais c'est là, certes, une échéance lointaine. Bien longtemps avant qu'elle se produise, des phénomènes dont nous allons parler auront peut-être fait disparaître la terre ferme elle-même et tout ce qu'elle porte à sa surface. Qu'est-ce à dire ? La terre n'est-elle plus cette chose immuable que nous nous représentons comme le type de la stabilité et de la permanence, et qui semble si bien mériter ce qualificatif de *ferme* que nous lui avons attribué ? Si l'on vient encore enlever à nos rêves ce dernier refuge, que nous restera-t-il ? Une illusion de moins, car je vais montrer combien peu fermes sont ces continents sur lesquels nous vivons, puisqu'ils sont destinés à *périr de vieillesse*, à s'user comme le plus rudimentaire des organismes. Mais, me direz-vous, n'y a-t-il pas là erreur évidente ? La vieillesse, mais c'est l'attribut des êtres vivants. La terre ferme n'est pas un être vivant; elle participe de l'indestructibilité de la matière ; elle ne peut ni vieillir ni mourir. Certes, il en est ainsi si l'on prend ces mots dans leur acception stricte ; mais ce n'est pas le sens qu'ils ont ici. Considérée dans son ensemble, la terre montre une majestueuse suite de phénomènes absolument comparables à ceux dont le corps des êtres vivants est le théâtre. Tout comme dans les êtres vivants, nous voyons la partie qui nous intéresse le plus dans le globe, la partie ferme, naître, grandir,

puis diminuer et enfin disparaître. Dans la terre il y a une sorte de cœur, source de palpitations gigantesques, de chaleur, de mouvement, de croissance. Intérieurement et extérieurement, la terre est le siège d'une active circulation. Il s'y passe des réactions, il s'y produit des modifications comparables à celles par lesquelles se métamorphosent progressivement les corps organisés. Enfin la terre est soumise à des causes de dépérissement, elle doit lutter contre des forces extérieures qui travaillent à sa destruction. Si tout cela est vrai, ai-je eu tort de comparer la terre à un être doué de vie? Le grandiose tableau de la vie de la terre a été trop souvent tracé par des plumes plus autorisées que la mienne, pour qu'il soit nécessaire d'y revenir. Je me contenterai d'en esquisser ce stade final, la mort, qui rentre dans le cadre de mon sujet. Peut-être même pourrais-je m'abstenir d'en parler. Il me suffirait pour cela de renvoyer à un travail de notre éminent confrère, M. A. de Lapparent, publié dans les colonnes de cette REVUE (1). Là, en effet, il a exposé de façon magistrale quelles sont les destinées de la terre ferme. Mais il y a dans cette idée de la destruction de la terre ferme tant de préjugés fortement enracinés à détruire, que je ne crois pas inopportun de revenir sur ce sujet.

Pendant la série déjà longue des siècles que l'histoire de l'humanité fait revivre, l'homme n'a pas été témoin de changements bien notables dans son domaine, ni de différences bien grandes dans les conditions extérieures d'existence. Peut-être nos ancêtres préhistoriques auraient-ils pu, à ces points de vue, changer les idées de leurs descendants; mais, comme leur tradition est muette, leur expérience ne nous a pas profité. Telle les anciens cartographes nous représentent la terre, telle nous la retrouvons aujourd'hui.

(1) *Les destinées de la Terre ferme et la durée des temps géologiques*; REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, juillet 1891, p. 5, t. XXX de la première série.

C'est ainsi que nous nous sommes faits à cette idée de l'immutabilité des traits de la face de notre terre, et volontiers nous nous sommes habitués à croire qu'elle est sortie des mains du Créateur telle que nous la connaissons maintenant. Les générations successives se sont légué cette croyance de la fixité de la terre qui contrastait, d'ailleurs, si agréablement avec le spectacle des incessants bouleversements auxquels l'humanité est en proie. La géologie a osé porter une main sacrilège sur ce vieux legs de nos anciens philosophes. Elle nous a montré par combien de phases successives la terre a dû passer pour acquérir sa physionomie actuelle. Dans chaque trait de cette physionomie, elle nous fait toucher du doigt l'œuvre du passé. Volontiers dans les commencements les géologues recouraient à des causes violentes, à des cataclysmes, à des révolutions pour expliquer les phénomènes grandioses qu'à chaque pas les premiers observateurs découvraient dans la nature. Les faits géologiques se présentaient avec un tel cachet de grandeur et de puissance, qu'il semblait tout naturel de les attribuer à des forces en rapport avec cette grandeur. De nos jours on a renoncé à faire intervenir à tout bout de champ ces agents, ces causes violentes, aussi inexplicables que complaisants. Ce n'est pas là un des moindres sujets d'étonnement pour les non initiés, de voir la géologie moderne nous montrer la Nature à l'œuvre avec des outils qui leur semblent hors de toute proportion avec le résultat à obtenir. Aussi pour entraîner la conviction, pour heurter de front des idées fortement enracinées, aurons-nous besoin d'apporter des preuves que nul esprit impartial ne saurait récuser. Encore une fois ici, nous ne nous occuperons que d'un point bien spécial : la destruction de la terre ferme, laissant à d'autres la besogne, d'ailleurs maintes fois remplie, de nous faire assister à la genèse de cette même terre ferme.

Si l'on jette sur la nature un regard tant soit peu observateur, on est immédiatement frappé de voir, au

sein du calme apparent qui y règne, l'activité jamais assoupie de deux agents, de deux forces, dont l'action absolument opposée produit tous les phénomènes que nous connaissons. De ces deux forces, l'une a son siège au sein de notre globe, dans ce noyau fluide et incandescent qui en constitue la portion la plus considérable. C'est à plus d'un titre qu'on pourrait comparer ce noyau au cœur des animaux, d'où s'échappe continuellement sous forme de sang une source de chaleur, de transformations et de régénération qui va porter la vie dans tous les recoins de l'organisme. Ici aussi les phénomènes dont le noyau est le théâtre, impriment a la terre ferme des pulsations, des mouvements qui ne s'arrêtent jamais. Bien loin que la terre soit ferme et immobile, pas un moment ne se passe sans que, dans un endroit ou dans un autre, on n'enregistre quelque mouvement dans ces délicats instruments que l'on appelle des séismomètres. L'activité est telle, que seule la terre ne semble pas connaître ce repos si indispensable à tout être vivant. De temps en temps même, des tremblements de terre violents viennent nous apprendre qu'il y à là sous nos pieds une puissante réserve d'énergie. On n'a pas perdu le souvenir des terribles convulsions par lesquelles, dans l'île de Java, en 1883, des milliers d'existences ont été fauchées et qui ont changé la face de tout un pays. De temps en temps aussi les volcans, pareils à des soupiraux de la terre, nous enseignent par leurs effets grandioses et meurtriers que la force qui les met en jeu est toujours prête à agir. Que serait-ce, si nous avions pu dans le passé assister aux phénomènes imposants par lesquels se sont édifiés d'abord les continents, puis les chaînes de montagnes ? Nous aurions pu alors nous faire une juste idée de l'ampleur de ces forces internes dont, de nos jours, nous ne voyons qu'un pâle reflet. Nous aurions pu aussi nous rendre compte du résultat vers lequel tend sans cesse l'activité de ces forces internes, et elles nous seraient apparues

comme la cause la plus efficace de l'édification des protubérances à la surface de la terre.

Perpétuellement en face de ces forces internes, l'observateur en constate d'autres qui puisent leur énergie dans le soleil, et exercent aussi leur activité à la surface du globe ; on les appelle forces externes. Elles poursuivent un but parfaitement déterminé, qui est de détruire toutes ces inégalités que l'action des forces internes a fait naître sur la terre. Et ce résultat, elles l'obtiennent par deux voies, en nivelant les protubérances et en comblant les dépressions au moyen des matériaux meubles qui proviennent de cette démolition.

L'histoire de la terre dans le passé se résume dans les péripéties de la lutte incessante que se livrent sur notre globe ces deux puissants facteurs. De même, dans l'avenir, les destinées de la terre ferme sont suspendues aussi au résultat final de cette bataille. Si les forces internes doivent l'emporter, notre planète conservera à peu près, dans ses grandes lignes, son aspect actuel. D'un côté, on verra des continents hérissés de chaînes de montagnes, de l'autre, de vastes dépressions constituant des océans. Et il en serait ainsi jusqu'au jour où la disparition des eaux océaniques aurait transformé la terre en un désert aride, comme nous l'avons indiqué au commencement. Mais si les forces externes doivent rester maîtresses du terrain, tout autres seront nos destinées. Les chaînes de montagnes d'abord, puis les continents eux-mêmes, s'émietteront progressivement, disparaîtront au fond des dépressions océaniques et la terre offrira la désespérante uniformité d'une immense nappe d'eau sans rivages et sans bornes, probablement aussi sans habitants.

Nous allons voir quelles sont les probabilités que la science peut fournir sur les résultats de ce combat vis-à-vis duquel disparaissent les luttes les plus terribles de l'humanité. Tout d'abord, nous devons nous renseigner sur les forces respectives des combattants en présence ; car

c'est là évidemment un élément indispensable de toute prévision raisonnée.

Pour l'observateur superficiel, l'avantage semble être, et de loin, du côté des agents internes. Même pour ceux qui n'ont pas eu l'occasion d'assister à une de ces convulsions grandioses de la nature qu'on appelle une éruption volcanique, un tremblement de terre, l'énergie du noyau central apparaît comme un fait imposant. Ces agents ont en effet des façons d'agir, des éclats, des colères soudaines et terribles par lesquels ils savent impressionner l'imagination. Les agents extérieurs, au contraire, sont calmes ; leur action de prime abord paraît minime, négligeable même. Leur travail se produit sans secousse et sans bruit. En ces matières comme en bien d'autres, nous oublions trop facilement le sage précepte du fabuliste. Nous ne nous défions pas assez des gens sans bruit, qui, dit-il avec raison, sont les plus dangereux. C'est le cas ici; car, malgré toutes les apparences contraires, la puissante étreinte des forces externes doit l'emporter.

De tous les agents externes, le plus actif et le plus puissant est l'eau. Aspirée des océans par la chaleur du soleil, transportée au-dessus des continents par les vents, l'eau se condense et retombe à l'état de pluie ou de neige. Une partie de cette eau pénètre dans les sols perméables, circule dans la croûte terrestre où elle se livre à un travail de dissolution et de désagrégation de nature chimique. Une autre partie s'écoule le long des pentes et, par sa masse et sa vitesse, acquiert une force mécanique considérable. C'est cette force mécanique qui la rend capable de produire à la surface des sols, un travail d'érosion extrêmement actif. Le reste de l'eau tombée s'évapore, retourne dans l'atmosphère pour aller retomber plus loin. Les eaux qui se sont écoulées à la surface se réunissent à celles qui se sont infiltrées dans le sol et qui reviennent au jour par les sources, pour constituer les cours d'eau qui ramènent à la mer la plus grande partie de ce que

l'évaporation lui avait enlevé. Mais au lieu d'y revenir pure et distillée comme elle en était sortie, cette eau revient chargée de matières qu'elle tient en suspension, produit de son travail mécanique, et aussi de matières tenues en dissolution, produit de son travail chimique. Tel est, en quelques mots, le cycle des phénomènes que l'eau accomplit à la surface de la terre. Les matières amenées à la mer par les cours d'eau se déposent les unes directement par sédimentation mécanique, les autres par précipitation chimique, par évaporation ou sous l'influence des organismes vivants.

L'eau travaille donc de deux façons à l'aplanissement de la face de la terre. D'une part, elle détruit les continents, de l'autre elle remplit les dépressions océaniques. Ai-je eu tort de comparer cette succession de phénomènes à la circulation du sang dans les animaux ? Chez ces derniers, sans cesse, le sang délesté de ses impuretés dans les poumons est chassé par le cœur dans tous les coins de l'organisme, où il se charge de nouveau de tous les résidus de la vie qu'il transporte aux poumons. Ici aussi, l'eau sortie pure des mers y est ramenée, après un long trajet, encombrée de tous les détritus qui traînaient à la périphérie de la terre.

Nous voilà donc fixés sur le rôle que joue l'eau à la surface de la terre. Mais quelle est l'importance de ce rôle ? Y a-t-il lieu de s'en inquiéter ? La masse des continents n'est-elle pas tellement imposante, qu'on puisse considérer comme une usure négligeable, cette ablation continuelle que leur fait subir l'eau ? Chacun de nous a eu l'occasion de voir les ravages qu'exerce une pluie d'orage sur les sols ; mais de là à croire que ce phénomène pourrait démolir un continent il y a loin, semble-t-il. De plus, le travail chimique de l'eau se produit d'une façon si calme, le produit de ses déprédations se dissimule si bien à l'état de solution, que volontiers nous les négligeons. La conclusion semble être tout à fait rassurante. Mais, comme un

négociant qui verrait ses magasins se vider petit à petit par des larcins journaliers, faisons une visite domiciliaire. Comme nous l'avons vu plus haut, c'est dans la mer que l'eau va cacher tout le produit de ses rapines. Mais la mer n'est pas un endroit commode pour les visites et les recherches. Il y a plus facile que cela. On connaît la spirituelle réponse qu'avait faite Pic de la Mirandole à ceux qui lui demandaient de cuber la capacité des océans : « Arrêtez d'abord les fleuves, et puis je commencerai mes mesures ». Nous n'aurons pas la folle prétention d'arrêter les fleuves ; mais, en nous plaçant quelque part avec patience sur leur cours, nous pouvons leur faire subir des visites de douane et nous renseigner sur ce qu'ils transportent continuellement comme tribut à la mer. La soif de connaître qui, de nos jours, pousse l'homme, est telle que rien ne rebute sa patience. Soutenus dans un labeur ingrat par l'importance des résultats à obtenir, il s'est trouvé des savants assez tenaces pour ausculter, jour par jour, le cours d'un fleuve. Cette étude a déjà été faite pour la plupart des grands fleuves de l'Europe et même du monde. Comme il n'y a rien de tel que la brutale évidence des chiffres pour secouer l'apathie de l'homme, je vais me permettre de donner ici quelques données recueillies sur le cours d'un fleuve, le mieux connu à cet égard, je veux parler de la Meuse. Pendant une année entière, de 1882 à 1883, M. Spring, professeur de chimie à l'Université de Liége, et M. Prost ont eu la patience de mesurer tous les jours, à Liége, le débit de la rivière par les méthodes employées en hydraulique. De plus, chaque jour aussi, ils ont analysé un échantillon moyen de l'eau de la rivière pour y déterminer la quantité de matières dissoutes ou tenues en suspension, par litre d'eau. Ce travail préliminaire accompli, il est facile, par de simples multiplications, de se rendre compte du travail total produit par la rivière pendant l'année choisie pour

les recherches. Voici les chiffres principaux que j'extrais du travail de MM. Spring et Prost (1).

Débit de la Meuse : 6 645 000 000 mètres cubes.

Matières tenues en suspension :	238 191 000	kilogr.
Matières organiques :	21 844 000	»
Matières dissoutes :	1 081 884 000	»
Total :	1 341 919 000	»

A la densité de 1300 kgr. par mètre cube, cela fait un total de un million de mètres cubes environ. Cette fois, nous sommes bien obligés de nous incliner devant l'absolue évidence des chiffres et d'accepter l'importance des résultats produits à la surface du globe par l'action de l'eau. On voit aussi dans ce total imposant que la grande part revient au travail de dissolution chimique de l'eau, à ce travail sans bruit que l'on considérerait si facilement comme quantité négligeable. Encore une fois, on peut dire avec Lafontaine : « Patience et longueur de temps font plus que force ni que rage ».

On peut encore tirer des chiffres qui précèdent d'intéressantes déductions. La surface du bassin de la Meuse est connue : elle est environ de 2 millions d'hectares. Par conséquent tous les 20 ans, la Meuse enlève une couche de un millimètre sur toute l'étendue de son bassin. Nous avons essayé de nous rendre compte de l'altitude moyenne de la portion belge du bassin de la Meuse en amont de Liége, et nous sommes arrivé au chiffre de 300 mètres environ (2). Ainsi, en admettant que le travail

(1) *Étude sur les eaux de la Meuse*, ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XI, 1883-84, mémoires.

(2) Voici comment nous avons obtenu ce chiffre, d'ailleurs approximatif. Sur une carte hygrométrique, à petite échelle, de la Belgique, nous avons mesuré la surface occupée par les trois zones altimétriques suivantes :

I Zone de 0 à 200 m. Moyenne 150 m.
II Zone de 200 à 400 m. » 250 m.
III Zone de 400 à 680 m. » 450 m.

Les moyennes ne correspondent pas à la moyenne arithmétique, mais ce

de la Meuse continue avec la même activité, il suffirait de 6 millions d'années pour que le bassin de la Meuse fût totalement rasé au niveau de la mer. Certes, le chiffre est considérable et il doit encore être notablement grossi, car le travail de la rivière ne peut pas continuer avec la même vigueur jusqu'au bout. Il doit évidemment diminuer, au fur et à mesure que la pente diminue par le fait de l'érosion. Quoi qu'il en soit, la seule chose que nous avons voulu prouver, c'est que rien que par le jeu naturel des phénomènes physiques, la terre ferme porte en elle-même le germe fatal de sa destruction. Cette conclusion n'est pas seulement vraie pour la Meuse. Elle s'applique, avec des différences en plus ou en moins, à toutes les rivières du globe. Même ce ne sont pas les régions où l'altitude est la plus élevée qui doivent résister le plus longtemps, comme on se l'imaginerait dès l'abord. Là, en effet, les agents météoriques travaillent avec une activité incomparablement plus forte.

Tous les fleuves qui ont été étudiés au même point de vue ont donné des résultats comparables. Ainsi, pour ne citer qu'un chiffre, le fameux Mississipi transporte à la mer mille fois plus de sédiments que la Meuse, et il ne s'agit encore dans ce chiffre que des matières tenues en suspension, les matières dissoutes, de loin plus abondantes, n'y étant pas comprises. Mais ce n'est pas seulement par les eaux continentales que les agents externes démolissent la terre ferme. La mer elle-même, par la puissance de ses

sont celles qui conviennent le mieux à la région en question.

Ces trois zones occupent les surfaces suivantes :

Zone I	12,45 = 19 %	de la surface totale.	
Zone II	32,62 = 52 %		
Zone III	18,44 = 29 %		

Dans	l'altitude	moyenne,	la zone	I	a la part	proportionnelle de	28,50 m.
»	»	»	»	II	»	»	» 130,00 m.
»	»	»	»	III	»	»	» 130,50 m.
						Total	289,00 m.

En chiffres ronds, 300 mètres.

vagues et de ses marées, exerce aussi sur ses rivages une action destructive incessante et puissante. Malheureusement ici la quantité de travail produit est difficilement évaluable, car on manque d'études suivies à ce point de vue. Quoi qu'il en soit, nous sommes actuellement bien convaincus que s'ils étaient abandonnés à eux-mêmes, les agents externes auraient vite raison de la terre ferme.

Dans son travail précité et auquel je ne saurais trop engager mes lecteurs à recourir, M. de Lapparent, qui a examiné la question sous toutes ses faces, est arrivé à cette conclusion : livrée aux seuls agents externes, la terre ferme disparaîtrait au bout de 4 millions d'années, ce chiffre devant naturellement n'être admis qu'avec les réserves bien explicables en matière si compliquée.

Mais, comme nous l'avons vu plus haut, les agents externes ne sont pas seuls ; ils se heurtent dans leur œuvre à des forces antagonistes. Tout nous prouve que nous sommes aujourd'hui dans une phase de repos de ces dernières, mais rien ne nous dit qu'elles soient éteintes. Un jour viendra peut-être où ces forces internes, longtemps assoupies, se réveilleront et, sous leur puissante action, de nouveau le relief du globe renaîtra. Les agents météoriques s'acharneront à aplanir ces nouvelles protubérances, et la lutte pourra continuer ainsi longtemps encore. Mais il n'est pas difficile de prévoir qui restera maître du terrain. Sans cesse le refroidissement du noyau central de la terre augmente la partie rigide du globe, cette croûte que les forces internes doivent d'abord briser pour pouvoir se manifester au dehors. De plus, la diminution constante du noyau fluide réduit les limites dans lesquelles ce noyau peut se contracter. Comme cette contraction est la cause efficiente des phénomènes d'origine interne, on conçoit aisément que ceux-ci devront diminuer progressivement d'intensité, pendant que la résistance que les forces internes doivent vaincre augmentera proportionnellement. Il arrivera un moment où l'équilibre

s'établira entre cette résistance et ces forces et, dès lors, les agents externes se trouveront maîtres de poursuivre sans obstacle leur œuvre de nivellement.

Plusieurs millions d'années après, lorsque ce travail sera achevé, la terre ne sera plus qu'un vaste océan dont aucune île ne viendra rompre la désespérante monotonie.

On n'ignore pas, en effet, que la masse totale des continents est si peu de chose comparée à celle des océans que, répartie uniformément sur tout le globe, elle n'aurait d'autre résultat que de relever de 150 mètres environ le fond des mers dont la profondeur moyenne serait encore de près de 4000 mètres.

Quant aux êtres vivants, on peut se demander quel sort les attend en pareille occurrence. Je pense que finalement toute vie deviendrait impossible, et voici sur quoi je base cette opinion. La vie animale, la vie marine seule ne me paraît pas possible. Ce n'est pas un des moins intéressants progrès des sciences biologiques de nous avoir montré dans quelle étroite dépendance les êtres se trouvent vis-à-vis des conditions d'existence. Par le fait même de sa vie, un animal détruit journellement de la matière organique et la transforme en substances inorganiques qu'il ne saurait ultérieurement s'assimiler de nouveau. Seuls les végétaux peuvent accomplir cette assimilation préalable et fournir aux animaux la matière propre à leur alimentation. Les végétaux terrestres, chlorophylliens, qui remplissent ce rôle indispensable, ayant fatalement disparu par la submersion de la terre ferme, un vide se produirait dans le cycle nécessaire à la vie. Très probablement, les animaux survivants auraient vite fait de consommer entièrement les portions de matière organique que les mers auraient gardées.

Donc, de quelque côté que nous nous tournions, la même vérité se dégage : la vie disparaîtra du globe. Admirez même avec quel merveilleux accord travaillent vers ce but les causes de destruction que nous avons étu-

diées jusque maintenant. Elles étendent sur notre pauvre terre un réseau mortel si bien enchevêtré, qu'elle ne saurait en traverser les mailles. Ainsi, si l'absorption de l'eau ne se produisait pas, la vie ne disparaîtrait pas par la soif ; mais alors l'eau n'ayant pas disparu deviendrait le plus puissant agent de destruction de la terre ferme.

Cette action destructive de l'eau pourrait aussi ne pas continuer si le soleil venait à s'éteindre, car c'est lui qui seul donne aux agents météoriques le mouvement sans lequel ils seraient impuissants. Mais si le soleil s'éteignait, nous deviendrions victimes du froid de l'espace.

Les trois causes de mort que nous avons examinées jusque maintenant, n'atteignent que les êtres vivants ; mais la terre elle-même, la matière minérale qui la constitue est-elle indestructible ? En d'autres termes, lorsque la dernière heure aura sonné pour le dernier organisme du globe, notre planète continuera-t-elle indéfiniment à circuler telle quelle dans l'espace ? N'y aurait-il pas, dans le sombre tableau que j'ai tracé, au moins un rayon d'espoir ? Y aurait-il au moins un état de la matière qui ne soit pas fâtalement condamné à la destruction ?

Je crois qu'il sera facile de persuader à mes lecteurs que la terre aussi doit mourir. L'astronomie, cette science si sereine, si éloignée des inévitables cruautés dont la vie est faite, l'astronomie ne sera pas moins implacable. Depuis des siècles la voix publique l'a proclamé, notre planète périra par le feu.

De tout temps le vulgaire a été tenaillé de cette crainte de l'embrasement général du globe. N'avait-il pas pour fondement de ses terreurs ces astres chevelus, les comètes, dont l'apparition vient de temps à autre bouleverser la majestueuse régularité des cieux ? Soyons justes d'ailleurs ; à une époque où l'on ignorait la véritable nature des comètes et où l'on ne savait pas que plusieurs d'entre elles sont des membres réguliers de notre système solaire,

n'était-il pas bien naturel de s'effrayer en voyant tout à coup apparaître au firmament des astres aussi imposants que les comètes de 1811, de 1843 ou de 1853, pour ne rappeler que les plus belles de notre siècle ?

Ainsi, pour nous en tenir à celle de 1843, sa queue mesurait plus de 40 degrés de longueur, c'est-à-dire près de 80 fois la largeur de la Lune. L'esprit le plus cultivé ne peut se défendre, en face d'objets célestes si anormaux, d'une certaine surprise, même de nos jours où l'on est en possession de données plus saines sur la nature des comètes. Que devait-il en être dans le moyen âge et dans les temps reculés de l'antiquité, lorsqu'on considérait ces étranges visiteurs à travers le brouillard d'une imagination obscurcie par la terreur et l'ignorance ? Les anciennes chroniques sont pleines de descriptions qui renchérissent les unes sur les autres, et il faut voir dans les vieilles estampes les curieuses images que peuvent enfanter la peur et la fantaisie. L'humanité, les grands hommes ou les potentats, toujours enclins à rapporter tout à eux-mêmes, s'imaginaient avec beaucoup de suffisance que ces comètes n'arrivaient que pour nous annoncer quelque malheur. C'était une croyance répandue dans le peuple et même chez les astronomes, que l'approche d'une comète pouvait occasionner à la terre de grandes catastrophes. Pour les uns, ces astres chevelus étaient capables de tout consumer sur notre globe; pour les autres, le voisinage de masses pareilles pouvait provoquer dans les mers des marées gigantesques qui auraient submergé tout le globe. Mais il est inutile de remonter si haut ; même au sein de nos foules en apparence si sceptiques, on retrouve encore bien plus enracinées qu'on ne le pense ces terreurs que les générations se sont transmises. L'humanité ne se débarrasse pas comme cela en un jour des hochets de son enfance ; et c'est un fait peu consolant de voir la minime influence qu'exercent autour d'elles, sur les masses, les saines idées scientifiques.

Examinons maintenant s'il y a quelque fondement dans ces craintes. Les premiers renseignements positifs que l'astronomie a acquis sur les comètes, n'étaient pas de nature à diminuer l'importance de ces astres. Le calcul et l'observation ont montré, en effet, que certaines comètes possèdent des dimensions et des vitesses que l'imagination populaire était loin de soupçonner. Ainsi la comète de 1843, dont nous avons parlé plus haut, avait une queue dont la longueur dépassait le double de la distance de la terre au soleil. Lorsque cet astre sur son orbite a atteint le point le plus rapproché du soleil, il n'en était qu'à 31 000 lieues et a certainement passé dans l'atmosphère brûlante d'hydrogène enflammé qui enveloppe le soleil. A ce moment la comète marchait (peut-on appeler cela marcher ?) avec l'inconcevable vitesse de 550 000 mètres par seconde, la plus grande vitesse que nous connaissions dans l'univers pour un mobile quelconque. Il y a là, on le voit, des facteurs formidables. Aussi peut-on dire que, si une comète rigide possédant — je le suppose -- une masse considérable et une vitesse même bien inférieure à celle-là, venait à rencontrer normalement la terre, qui possède, elle, une masse des plus respectables, animée d'une vitesse de 29 000 mètres environ par seconde, le choc serait certainement désastreux. Les deux astres ne voleraient pas en morceaux ; le résultat serait tout autre. Sans nul doute possible, le mouvement des deux corps subitement anéanti se transformerait en chaleur, et cette chaleur serait bien suffisante pour réduire tout en vapeur instantanément. Même les corps les plus infusibles et les plus réfractaires de notre globe, tout y passerait.

Ainsi, en principe, l'opinion publique a raison; la catastrophe qu'elle redoute pourrait se produire et les conséquences seraient bien telles qu'elle se les imagine, un embrasement général. Je dis en principe; car, en pratique, si l'on songe à toutes les conditions qui sont requises pour que cet événement se produise, conditions que j'ai

énumérées plus haut, il devient évident que nous pouvons nous rassurer de ce côté. Il n'y a qu'une chance (c'est une malchance qu'il faudrait dire) excessivement minime pour que toutes ces conditions soient réalisées et en même temps. Or faute d'une seule, la rencontre, si elle se produisait, ne serait pas fatale. Étudions cela de plus près. Pour qu'une comète ou tout autre objet céleste rencontre la terre, il faut d'abord que l'orbite des deux astres se coupe. La possibilité d'une telle intersection, sans être nulle, est excessivement minime ; car le monde est immense, et l'ordre qui règne dans ce merveilleux ensemble est parfait. Mais cette intersection ne suffirait pas encore : il faudrait que dans leur marche, les deux astres vinssent à passer au même moment à l'endroit où leurs orbites se coupent. Or la terre met un an à parcourir son orbite ; la comète ne peut être qu'à très longue période ou étrangère au système solaire, car les autres sont connues et ne sont pas à redouter. Voilà plus qu'il n'en faut pour que nos deux voyageurs aient tout le temps de se manquer au point d'intersection des orbites. Mais ce n'est pas encore tout. Admettons pour un instant que la rencontre ait lieu, qu'elle se produise de part et d'autre avec une vitesse considérable ; le résultat serait encore nul ou faible si la comète n'a pas une masse convenable comparable, par exemple, à celle de la terre et si elle n'est pas rigide. Certes, d'après les mesures que nous avons citées plus haut, le volume apparent des comètes semble être considérable. Mais on a tout lieu de croire qu'il n'en est pas de même de leur masse et surtout de leur rigidité. Les idées ont bien changé en astronomie au sujet des astres chevelus. On les considère généralement comme des corps d'une densité et d'un poids extrêmement faibles ; et quant à leurs queues, qui ont joué un rôle si considérable dans l'imagination populaire, on va jusqu'à leur refuser toute existence matérielle. Bien loin qu'elles soient capables de nous incendier ou tout au moins, comme le craignaient

nos pères, de rendre notre atmosphère irrespirable, on les considère elles-mêmes comme un simple phénomène lumineux. Voici une des raisons sur lesquelles se base cette opinion. On a remarqué que la queue des comètes est toujours tournée à l'opposé du soleil. Ainsi, quand la comète tourne autour du soleil, son appendice caudal tourne aussi, en balayant l'espace, comme l'indique le schéma suivant (fig. 2), pour rester toujours opposé au soleil.

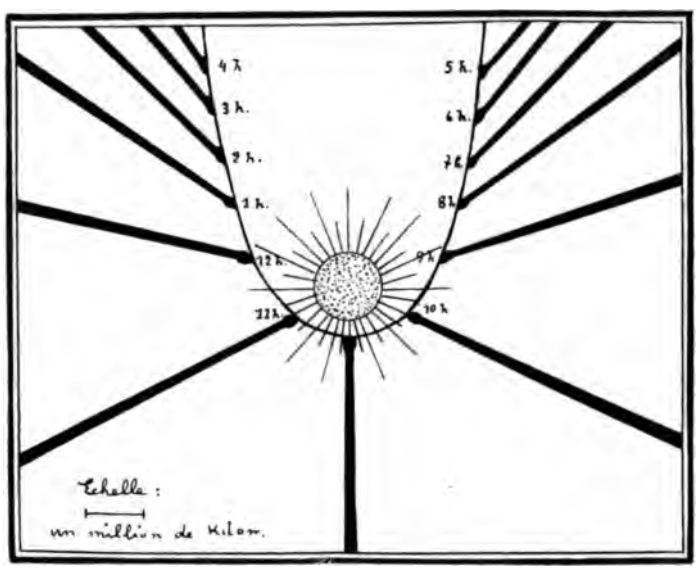


Fig. 2

On voit que si la vitesse de la comète est un peu considérable et la queue un peu longue, son extrémité pour suivre le mouvement doit parcourir un chemin si colossal que sa vitesse deviendrait prodigieuse ; si prodigieuse même, qu'elle dépasserait et de beaucoup la vitesse avec laquelle le corps qui la posséderait échapperait à l'action du soleil et fuirait son domaine pour n'y plus revenir. Si la queue des comètes était matérielle, ses particules s'envoleraient donc loin du soleil et l'on devrait la voir se dissocier au voisinage de celui-ci. Comme on n'a

jamais vu rien de pareil, il est plus que probable que la queue des comètes n'a rien de matériel et n'est qu'un phénomène de luminosité spéciale. Nous sommes, d'ailleurs, déjà passés dans l'appendice caudal d'une comète, celle de 1866, et nous ne nous en sommes pas trop mal trouvés ; même nous ne nous en sommes pas aperçus, preuve évidente qu'il n'y a là rien de terrible.

Il semblerait donc que la terre n'ait pas grand' chose à redouter des collisions célestes, tellement tout nous paraît bien ordonné dans l'univers. A la suite de Laplace, les plus grands géomètres de notre siècle se sont attachés à démontrer la stabilité du système solaire au point de vue mécanique. On sait que les orbites des planètes ne sont pas immuables. Elles subissent, du fait de certaines causes perturbatrices, des variations. Toute la question était de savoir si ces causes perturbatrices devaient accumuler leurs effets et si, par conséquent, les orbites risquaient de se déformer complètement. Dans ce cas évidemment, le système solaire eût été instable, et destiné à se détraquer. Les travaux des géomètres ont montré que ces effets perturbateurs ne s'accumulent pas indéfiniment et dans le même sens. Au bout d'un certain temps, ils s'intervertissent et prennent une allure qui leur permet de se compenser d'eux-mêmes, en sorte que les éléments orbitaires oscillent autour d'une valeur moyenne. En étudiant successivement les principales causes capables de provoquer ainsi des variations dans les orbites, l'analyse mathématique a démontré qu'aucune de celles que nous connaissons n'est en état de modifier d'une façon notable et permanente notre système solaire. Dans l'état actuel de nos connaissances, on pourrait donc affirmer que le monde planétaire, étudié par les géomètres, est un système mécanique indéfiniment stable. Ce serait là un résultat d'autant plus intéressant qu'on pourrait opposer cette admirable immutabilité du firmament à la variabilité qui est la caractéristique de tous les

phénomènes physiques. Par des considérations de thermodynamique qu'il serait trop long d'exposer ici, on démontre, en effet, que l'instabilité est la loi des phénomènes naturels. N'en serait-il pas de même pour les mouvements des astres, tels qu'ils s'accomplissent réellement dans les profondeurs de l'espace, et non point tels qu'ils apparaissent à travers les formules des géomètres et des hypothèses simplificatrices qui leur servent de bases? C'est la question que M. Poincaré a traitée récemment (1) de main de maître. L'univers, nous dit-il, n'est pas tel que le conçoivent les géomètres. Dans leurs calculs, en effet, ceux-ci ne se représentent les astres que comme des êtres fictifs se mouvant dans l'espace en obéissant à leurs seules attractions mutuelles. De tels astres rigides, indéformables comme les solides géométriques, n'existent pas dans la nature et les perturbations qui résultent des défauts naturels dont on les a complaisamment dépouillés, sont capables d'amener la destruction du système solaire. Il faut lire dans le travail de M. Poincaré les développements qu'il donne à ces idées. Rien n'est plus propre à nous donner des mouvements des astres une conception bien plus juste que celle que l'on acquerrait en partant de considérations purement géométriques. En résumé, voici quelle est la conclusion motivée qui se dégage de l'étude de M. Poincaré : Les planètes n'étant pas les astres fictifs qu'étudie la mécanique, elles sont de fait le siège d'actions qui auront pour résultat, en accumulant à la longue leurs effets, d'abord d'allonger la durée de la rotation des planètes sur elles-mêmes jusqu'à la rendre égale à celle de leur révolution. C'est ce qui a déjà eu lieu pour certaines d'entre elles fort voisines de corps puissants. La lune par exemple, la planète Vénus et, très probablement aussi, Mercure. Après que cet effet se sera produit, la résistance

(1) *Sur la stabilité du système solaire*, ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES pour 1898.

du milieu dans lequel se meuvent les planètes, aura pour conséquence de les précipiter finalement toutes dans le soleil. Ainsi ces corps que toutes les cosmogonies modernes s'entendent à considérer comme émanés du soleil, y rentreront un jour en vertu de lois inéluctables. Si le soleil n'est lui-même que le satellite d'une étoile plus puissante que lui, il subira le même sort ; et si l'on suit la destinée de tous les astres de l'univers, on les voit se confondre finalement en un seul et unique corps.

Voilà les perspectives que nous ouvre la science, au lieu des cataclysmes enfantés par l'imagination populaire. Cette fois, ce n'est pas seulement la disparition de la vie que nous entrevoyons, c'est la destruction de la terre, des planètes et du soleil lui-même. Ce sera bien la fin du monde.

Nous n'abandonnerons pas ces derniers aperçus, sans faire remarquer leur importance au point de vue philosophique. L'univers que d'aucuns prétendent éternel, aura une fin. Nous venons de voir que cette fin est inévitable. Or si le monde doit avoir une fin, il doit avoir eu un commencement, car s'il était de toute éternité, il y a longtemps qu'il serait mort puisqu'il doit mourir.

La mort, ce terme obligé de tous les êtres vivants, est donc aussi le triste apanage du monde matériel. Je ne me consolerais pas d'avoir joué si longtemps le lugubre rôle de Cassandre toujours geignant sur des malheurs à venir, si je n'avais cru qu'il est toujours utile de remplacer les craintes en quelque sorte instinctives que nous a léguées le passé, par de saines notions scientifiques. Pour les résumer en quelques mots, voici, semble-t-il, quelle sera la suite des phénomènes : D'abord, pour quelqu'une des trois causes que j'ai énumérées en premier lieu, la vie disparaîtra de notre globe. Dans l'état actuel de nos connaissances, rien ne pourrait nous faire préjuger laquelle de ces trois causes arrivera la première à produire l'extinction de la

vie. Enfin, pour les motifs mécaniques que nous avons signalés, le système solaire lui-même et l'univers tout entier perdront leur structure actuelle. Rien ne saurait nous donner une idée de l'état dans lequel se trouvera la matière, lorsqu'elle aura perdu la répartition que nous lui connaissons aujourd'hui. Mais hâtons-nous d'ajouter que si les choses suivent leur cours naturel, de longs siècles luiront encore pour l'humanité.

X. STAINIER.

Dans un discours récent, M. Newton a fait justice des silex taillés du plateau de Kent auxquels les travaux de Prestwich avaient donné une certaine popularité. Le savant Président de la Société géologique de Londres conclut, après un examen sérieux, que ces silex ne sauraient être tertiaires et qu'ils pourraient plutôt appartenir au quaternaire récent (1).

Telle est aussi l'opinion d'un savant éminent, M. Boule (2).

Les mêmes conclusions s'imposent pour les découvertes faites à Hoxne. Ces dépôts, dit le rapporteur de la Commission nommée par l'Association Britannique pour l'avancement des Sciences, sont non seulement postérieurs au terrain erratique le plus récent de l'Est de l'Angleterre, mais ils en sont séparés par des changements de climat de telle importance qu'ils échappent à toute influence locale (3).

On prétend aussi rapporter au tertiaire des silex recueillis sur plusieurs points de l'empire Anglo-Indien. Falconer avait prétendu que l'on obtiendrait des preuves irrécusables de l'existence de l'homme à cette époque. Mais quelle que soit la notoriété scientifique de Falconer, il est difficile de soutenir une théorie sur sa parole posthume et ni la taille intentionnelle, ni le gisement des silex ne sont encore trouvés (4).

distinguer l'*Anthropopithecus Bourgeoisii* qui connaissait le feu et savait l'utiliser pour éclater le silex. Il façonnait ensuite certains de ces éclats au moyen de retouches régulières. L'*A. Ribeiroii* et l'*A. Ramesi* détachaient par percussion des éclats de silex ou de quartzite. Tous ces instruments sont petits, ceux de Bourgeois plus petits que ceux de Rames. Les Anthropopithèques vivaient en France au début du tertiaire moyen. Ils vivaient encore dans notre pays et en Portugal à la fin de la même période.—La parole d'un homme aussi autorisé que M. de Mortillet entraîne un grand poids ; mais je préférerais la moindre preuve à des fables qui en sont aussi totalement dénuées.

(1) E. T. Newton, *The Evidence for the Existence of Man during the tertiary Period*, 1897.

(2) ANTHROPOLOGIE, t. I, p. 100 ; t. III, p. 455 ; t. V, p. 689.

(3) Reid, *The Relation of Paleolithic Man to the Glacial Period.*

(4) Nœtling, *On the occurence of chipped Flints in the upper miocene of Burmah.* — Rupert Jones, *Miocene Man in India.*

Les silex tertiaires qui paraissaient un peu délaissés ont été remis récemment en honneur par de prétendues découvertes. M. Abbott en cite qui viennent du Cromer Forest Bed (1) ; pas plus que ceux de Thenay, ils ne présentent les traces du travail humain nécessaires pour justifier cette origine. Ceux retirés des *Hill Gravels of Berkshire* sont moins suggestifs encore (2); il est possible que les sables soient préglaciaires, mais les stries, les fractures que portent les silex sont probablement dues à des agents naturels. Ni dans l'un, ni dans l'autre cas, il n'a été trouvé d'ossements pouvant jeter quelque jour sur l'origine des terrains.

Faut-il rappeler les ossements striés, trouvés à St-Prest (Eure-et-Loir), dont nul n'a pu affirmer ni l'origine ni l'ancienneté, ou ceux de *Balœnotus* recueillis dans les argiles bleues pliocènes à Poggiarone auprès de Monte-Aperto et promenés par M. Capellini de congrès en congrès (3)? Les expériences du Dr Magitot ont montré que les incisures qu'ils portent sont dues, non à l'action de l'homme, mais à celle d'un poisson tel que l'espadon par exemple (4).

Quant aux débris humains ou pseudo-humains, ils seraient incontestablement la preuve la plus sérieuse de l'existence, soit de l'homme, soit du précurseur de l'homme que l'on recherche avec une persistance digne d'un meilleur sort. Malheureusement, ici encore on a marché de déception en déception. Tantôt les ossements ne provenaient pas de terrains tertiaires, tantôt les remaniements étaient évidents et excluaient toute conclusion favorable. Que dire, par exemple, des prétendues découvertes faites en Italie (5)? Que dire de l'homme des pampas de l'Amé-

(1) *Worked Flints from Cromer Forest Bed.* — Boule, ANTHROPOLOGIE, 1897, p. 682.

(2) O. A. Shrubsole, *On Flint Implements from old preglacial Hill Gravels in Berkshire.* JOURN. ANTH. INST., t. XXIV, p. 44.

(3) *Cong. préh. de Budapest* 1876, p. 46; — *de Paris* 1878, p. 224, 228.

(4) MÉM. SOC. D'ANTH., t. I, 2e série.

(5) Cocchi, *Uomo fossile dell' Italia centrale.* — Issel, *Di alcuni ossa umane provenienti del terreno pliocenico di Savona.* — *L'uomo*

rique du Sud, dont la carapace d'un gigantesque glyptodon recouvrait la tanière (1)? Quelles preuves décisives peut-on apporter, alors que le mode de formation des pampas reste inconnu et donne lieu aux hypothèses les plus diverses et les plus contraires?

Il y a plus de trente ans, M. Whitney, savant ingénieur américain, annonçait la découverte d'un crâne humain. Il gisait à 130 pieds de profondeur, dans une assise de graviers aurifères située sur le versant occidental de la Sierra Nevada. Il était recouvert de plusieurs couches de lave et de gravier. Leur succession témoignait de longues périodes agitées, où de puissants courants alternaient avec les éruptions du volcan. Depuis la venue de l'homme dans ces régions, les eaux avaient envahi à plusieurs reprises les lieux où il vivait et les laves du volcan en ignition étaient venues tarir ces eaux à leur source. Cette découverte, par un hasard malencontreux, n'avait satisfait personne; ceux qui récusaient la présence de l'homme durant les temps tertiaires, la repoussaient naturellement et ceux qui soutenaient la thèse contraire ne voulaient pas admettre pour le précurseur de l'homme un type aussi élevé. Ils rejetaient les pointes de lance, les haches en pierre, les mortiers destinés à broyer les grains ou les noyaux, tous les objets que Whitney prétendait contemporains de cet homme. A peine sorti de l'animalité, il ne pouvait, selon eux, avoir des visées aussi hautes, une civilisation aussi élevée. Le crâne de Calaveras objet de vives discussions était depuis longtemps oublié, lorsque l'on apprit que Whitney avait été victime de la supercherie d'un de ses ouvriers et que le crâne appartenait à un Esquimo moderne. De semblables déconvenues sont fréquentes dans la science; si elles doivent toujours nous mettre en garde, elles ne sauraient arrêter l'ardeur des

preistorico considerato principalmente dal punto de vista paleontologico.

(1) Ameghino, *La Antiguedad del Hombre en el Plata.*

savants ; combien de fois la vérité ne sort-elle pas de l'erreur (1) !

Il faut enfin, pour terminer le récit des principaux faits qui concernent l'homme tertiaire, dire quelques mots des débris humains trouvés, dans ces dernières années, auprès de Trinil dans l'île de Java par le Dr Dubois, médecin militaire hollandais (2). Tous les corps savants de l'Europe s'en sont occupés et partout les discussions ont été approfondies. Il ne paraît pas cependant qu'elles aient suffisamment porté sur le terrain ou sur les circonstances mêmes de la découverte, qui auraient gagné à être mieux élucidées.

Les pièces retrouvées consistent en un fragment de crâne (3), un fémur et une dent ; elles n'ont été recueillies ni à la même époque, ni sur le même point ; le fémur gisait à cent mètres du crâne ; nous ne pouvons assurément affirmer qu'ils appartenaient au même individu.

Le Dr Manouvrier a discuté la question avec sa science habituelle devant la Société d'Anthropologie de Paris (4).

Si ce crâne, nous dit-il, n'est pas celui d'un sauvage microcéphale; si, par conséquent, il n'est pas exceptionnel, il remonte à une race humaine ou préhumaine, inférieure aux races actuelles les plus dégradées, ou bien encore à une race d'anthropoïdes disparue aujourd'hui sans laisser de représentants, à un gibbon de forte taille par exemple.

Les conclusions de M. Houzé, Professeur à l'Université de Bruxelles, sont autres (5). Il réserve la question géo-

(1) Whitney. *The auriferous gravels of Sierra Nevada. — The Calaveras Skull*, MEMOIRS OF THE MUSEUM OF COMPARATIVE ZOOLOGY AT HARVARD COLLEGE, t. VII.

(2) E. Dubois, *Pithecanthropus, eine Stammform des Menschen.*

(3) La longueur du diamètre antéro-postérieur est de 185 c., celle du diamètre transversal de 130. La capacité crânienne devait varier de 900 à 1000 c.c.

(4) BUL. SOC. ANTH. 1895, p. 216 et suiv. — 2e *Étude sur le Pithecanthropus*, BUL. SOC. ANTH. 1896.

(5) *Le Pithecanthropus erectus*, REV. UNIV. DE BRUXELLES, 1895, t. I. On peut aussi consulter ANTHROPOLOGIE 1896, p. 334 et suiv., 1897, p. 703. Le crâne, dit le Dr Manouvrier en réfutant les objections du Dr Houzé, est infé-

logique et la question paléontologique, sur lesquelles, comme je l'ai dit, les données sont encore insuffisantes ; mais quel que soit le résultat auquel arrivent ces sciences, il ne saurait modifier les faits suivants : le fémur de Trinil présente dans sa forme et dans ses dimensions tous les caractères du fémur humain ; les anomalies sont dues à une cause teratogénique ou pathologique. Les dents montrent une surface triturante humaine ; elles ne sont pas plus volumineuses que les dents correspondantes des squelettes de Spy, et une divergence semblable des racines a été retrouvée chez un Bruxellois moderne. Le crâne était réduit à l'état de calotte, avant d'être recouvert par la matière fossilisante qui lui sert de gangue. Malgré cette condition, la calotte crânienne de Java présente les caractères de la race quaternaire de Neanderthal. Elle appartient à un homme très ancien.

L'homme de Java a été aussi longuement discuté à l'Institut Anthropologique de Londres, en présence de M. Dubois lui-même (1). Devait-on le rattacher aux hommes ou aux singes ? Les avis ont été très partagés et, ce qui montre le peu de fondement de notre science, les spécialistes les plus éminents ont émis les opinions les plus opposées. C'est assez dire l'obscurité qui entoure encore la question et la nécessité qui s'impose de la plus grande réserve.

M. Nehring appelle à son tour notre attention sur un crâne humain récemment retiré d'un *sambaquis* du Brésil (2). Comme le crâne de Java, il présente un rétrécis-

rieur à ceux de Spy. Il a presque la forme anthropoïde. Chacun reste sur ses positions, c'est ce qui arrive presque toujours dans les discussions scientifiques. — R. Martin, *Weitere Bemerkungen zur Pithecanthropus erectus Frage*, Zurich 1896. — Marsh, *On the Pithecanthropus erectus from the tertiary of Java*. AMERIC. JOURN. OF SCIENCE. Le Père Van den Gheyn et M. Arcelin ont également traité la question dans cette REVUE (1896, t. II). Nommer nos deux collègues, c'est dire la valeur de leur étude.

(1) JOURN. ANTH. INSTITUTE, Feb. 1896. — ANTHROPOLOGIE, 1896, p. 220.

(2) *Ein Pithecanthropus aehnlicher Schädel aus dem Sambaquis von Santos*, ANTHROPOLOGIE, 1896, p. 65. — REV. QUEST. SCIENT., 1896, t. II, p. 646.

sement marqué de la région postorbitaire ; le front est déprimé et fuyant ; les dents ressemblent à celles du chimpanzé. Nous avons donc là, dit M. Nehring, un second *Pithecanthropus*. Mais les sambaquis, vastes amas de débris accumulés par l'homme, sont comme les Kjökkenmöddings européens d'origine relativement moderne. On ne peut donc rapprocher ce crâne, probablement pathologique, du crâne de Java, et le *Pithecanthropus* n'a point à intervenir dans la question de son origine (1).

Jusqu'à présent, nous n'avons donc aucune preuve sérieuse qui permette d'affirmer l'existence à l'époque tertiaire, soit de l'homme, soit d'un être intermédiaire entre l'homme et les anthropoïdes. En admettant, ce que je ne suis guère disposé à faire, que le crâne de Java puisse remplir cette lacune, ce ne serait pas assez d'un témoin unique pour justifier une conclusion aussi importante. *Testis unus testis nullus* est un axiome applicable à la science comme à la jurisprudence, et cela avec d'autant plus de raison que des ossements de mammifères, remontant certainement à l'époque tertiaire, du même volume ou d'un volume inférieur aux ossements humains, se trouvent dans toutes les régions. Rien ne peut expliquer que ces derniers seuls, s'ils ont existé, aient disparu.

« A moins de considérer le *Pithecanthropus* du Dr Dubois comme vraiment humain, écrit M. Boule (2), on peut dire que nous n'avons actuellement aucune preuve concluante en faveur de l'existence de l'homme à l'époque tertiaire ; mais cette preuve pourra être fournie un jour, peut-être même prochainement. » Je me rallie très volontiers aux sages conclusions de M. Boule, avec moins de confiance que lui cependant. J'ajouterai que si l'on nous

(1) Une dent humaine trouvée à Taubach a été communiquée au Dr Nehring, ainsi qu'une dent de lait provenant du même gisement. Il leur a reconnu des caractères pithécoïdes. *Ueber fossile Menschenzähne aus dem Diluvium von Taubach.*

(2) ANTHROPOLOGIE, 1897, p. 638.

apporte des preuves plus sérieuses que celles actuellement mises en avant, je les examinerai en toute liberté d'esprit et, si elles sont fondées, je serai le premier à m'incliner devant leur évidence.

Mais jusqu'à ce que cette preuve soit faite, j'ai le droit de dire avec Huxley (1) : « La paléontologie ne jette aucune lumière sur l'origine pithécoïde de l'homme, ni sur ses ancêtres simiens. Tant que cette lumière nous éclaire, nous le voyons tel qu'il est aujourd'hui; quand cette lumière s'affaiblit, nous ne trouvons aucun fait qui permette de croire qu'il ait jamais été autrement. » Assurément, parce que certaines parties du squelette humain se rapprochent du gorille, d'autres du chimpanzé, du gibbon ou de l'orang, nous n'avons pas le droit de supposer que l'homme ait été successivement un orang, un gibbon, un chimpanzé et un gorille (2).

Le Dr Topinard, ardent défenseur de l'origine animale de l'homme, est forcé par l'évidence des faits d'arriver aux mêmes conclusions (3). « Par la tête et le crâne, dit-il, les anthropoïdes se confondent avec les autres singes et ne sont même pas, à l'état adulte, aussi favorisés que certains d'entre eux. Rien n'indique de ce côté un acheminement quelconque à l'attitude bipède. Par la colonne vertébrale et le thorax, ils sont intermédiaires entre l'homme et les singes. Par le bassin, ce sont absolument des singes, quoiqu'ils présentent quelques caractères indiquant l'acheminement bipède. Par les proportions générales des membres, ce sont peut-être les singes les mieux caractérisés.

(1) Cité par POPULAR SCIENCE, June 1897, p. 127.

(2) « But because parts of Man's Skeleton bear close ressemblance to the gorilla, other parts to the chimpanze, still others to the orang and the gibbon, does it follow that Man in his race history has been successively a gibbon, an orang, a chimpanze and a gorilla? Surely it would seem that no one would claim for Man such a pedigree as this ; but this has been done ; if not openly, it has at least been tacitly implied. » G. A. Dorsey, SCIENCE N. Y. 28 July 1897. Nous adhérons volontiers à ces sages paroles.

(3) *L'homme dans la nature*, p. 298.

Par le pied, ce sont des singes au plus haut degré, ils n'ont rien de l'homme. »

Vous voulez nous montrer la filiation de l'homme et du singe, dirons-nous à notre tour, et vous ne pouvez pas seulement nous faire connaître celle du singe américain et du singe africain, l'un avec ses 36 dents et sa longue queue prenante, l'autre avec 32 dents et sa queue courte et jamais prenante.

V

Il est un autre argument souvent mis en avant pour justifier l'origine animale de l'homme ; il faut l'aborder à son tour. On se range bien à notre avis, quand il s'agit des races supérieures ; mais en est-il de même pour ces races malheureusement encore si nombreuses qui croupissent dans une misère et une dégradation dont elles ne cherchent même pas à sortir ? Les anthropologistes sont-ils fondés à y voir des types préhistoriques ou protohistoriques ayant persisté durant les âges et s'étant arrêtés à des degrés divers dans l'échelle sociale (1) ? Hélas ! les exemples sont nombreux ; il suffit de citer les populations du centre de l'Afrique, du Nord ou du Sud de l'Amérique, les Eskimos, les Cafres, les Hottentots, les Fuegiens, les Australiens, les Dyaks (2), bien d'autres encore. Ces races ne forment-elles pas de véritables chaînons qui rattachent par des degrés insensibles l'homme à l'animal ? Ne peut-on justifier cette assertion au point de vue moral ? En d'autres termes, est-il possible d'établir une échelle humaine ? Au sommet, des races admirablement douées, puis successi-

(1) M. Vierkandt (*Die Culturtypen der Menschheit*, *Archiv für Anth.* t. XXV, nos 1 et 2, Braunschweig, 1898), prétend établir une classification des divers types de civilisation basée non plus sur l'état social, mais sur les qualités psychologiques. Cette classification est assurément moins bonne que celle généralement adoptée : peuples chasseurs, pasteurs, agriculteurs.

(2) H. Ling Roth, *The Natives of Sarawak and North American Borneo.*

vement des races de plus en plus inférieures pour arriver enfin à des hommes insensibles à toute civilisation, incapables de tout progrès, de tout effort, se confondant visiblement avec l'animalité ?

Les faits sont malheureusement trop certains. Nous voyons dans toutes les régions, des hommes plongés dans la plus indescriptible barbarie, sans lois, sans chefs, sans organisation sociale, vivant dans une complète promiscuité, ne connaissant du mariage que l'union sexuelle, abandonnant leurs enfants dès qu'ils paraissent en état de subvenir à leurs besoins. Il faut suivre ces faits dans leur origine et dans leur développement, rechercher leur cause. C'est ainsi seulement que nous pourrons en tirer une conclusion.

C'est un pays étrange que l'Australie (1). La nature est au rebours de celle que nous voyons. L'aiguille aimantée se tourne vers le sud et le mercure du baromètre monte, quand le vent souffle de ce côté ; il baisse quand le vent vient du nord. Les animaux n'ont aucune des proportions de ceux qui vivent parmi nous ; ils portent leurs petits dans leur poche. Les cygnes sont noirs, les aigles sont blancs ; les mammifères pondent des œufs ; les chouettes crient pendant le jour, les coucous chantent pendant la nuit. Les vallées sont froides, le sommet des montagnes est chaud. Les abeilles n'ont point d'aiguillon et dédaignent les abeilles de l'Europe ; les cerises portent leur noyau en dehors de leur chair ; les rivières sont salées et roulent leurs eaux, non vers l'Océan, mais vers l'intérieur du continent (2).

(1) Calvert, *Exploration of Australia*, 1895. — JOURNAL ANTHROPOLOGICAL INST. 1894, p. 158, 180, 183, 185.

(2) La faune de l'Australie est aussi peu variée que sa flore. Elle ne comprend guère que des types inférieurs. Elle en est restée pour les mammifères aux marsupiaux qui vivaient, en Europe et en Amérique, aux débuts du tertiaire. Il y a plus de cent espèces de kanguroos, depuis le kanguroo géant jusqu'au kanguroo rat. Pierre Leroy-Beaulieu, REV. DES DEUX MONDES, juin 1896.

Au point de vue de la civilisation que nous rencontrons, le contraste n'est pas moins saisissant. Sur les côtes nous voyons des ports au commerce florissant, grandissant sans cesse en importance, des villes puissantes, aux somptueux édifices où se rencontrent toutes les merveilles du progrès moderne ; une population riche, instruite, se gouvernant librement sous l'égide tutélaire de l'Angleterre. A côté de cette richesse, de cet épanouissement de la vie, on voit dans l'intérieur de la plus grande partie du continent australien (1), une sécheresse pour ainsi dire permanente, une végétation misérable et rabougrie, des animaux fuyant épouvantés une nature déshéritée. Quelques rares indigènes à l'aspect hideux, à la saleté repoussante, errent dans ces solitudes avec l'unique préoccupation d'assouvir leur faim. Un fils de Lord Southesk, M. Carnegie, vient de parcourir pendant treize mois les déserts encore inexplorés de l'Ouest de l'Australie (2). Il a rencontré quelques tribus errantes à la recherche de l'eau dont la rareté, se prolongeant souvent pendant plusieurs années, amène partout la désolation et la mort.

Ces Australiens étaient d'un noir assez foncé ; tous, hommes, femmes, enfants marchaient complètement nus, couverts d'un mélange de graisse et de cendres qui ajoutait à tel point à leur puanteur naturelle, que leur présence se révélait au loin. Ils sont petits (3), leur front est déprimé, le prognathisme très marqué ; aucune race, continue notre explorateur, ne rappelle mieux les singes (4). Ils ignorent toute demeure fixe et se contentent de creuser de grands trous dans le sable au fond desquels toute la famille s'accroupit dans une complète promiscuité. Leur mode de chasse est particulier. Ils mettent le feu aux

(1) La superficie de l'Australie est d'environ huit millions de kilomètres carrés, les trois quarts de celle de l'Europe.

(2) Great Sandy Desert — Great Victoria Desert — Sturt's Stony Desert.

(3) M. Carnegie a cependant rencontré deux fois des hommes atteignant 6 pieds anglais (1m,80).

(4) « A people like monkeys ». Carnegie.

broussailles, aux arbustes épineux qui couvrent le sol, puis ils assomment à coups de bâton, les rares animaux, rats ou lézards, qui cherchent à échapper aux flammes. Souvent ils les dévorent, sans se donner même la peine de les cuire, tant la faim qui les presse est cruelle. Quelques racines, quelques mollusques, au besoin l'argile du sol s'ajoutent à leur maigre ordinaire. L'arrivée des blancs, celle des chameaux chargés de provisions les jetaient dans un étonnement indescriptible. Ils ne cherchèrent ni à attaquer ni à voler la caravane, malgré le petit nombre d'hommes qui la composaient, retenus probablement par une crainte superstitieuse (1).

Le récit d'autres explorateurs est moins sombre. Il doit naturellement se trouver, dans un continent aussi vaste que l'Australie, les mêmes variétés qui se rencontrent parmi nos races européennes, et il est impossible de ramener tous les indigènes à un même type. Ainsi quelques tribus reconnaissent des chefs et choisissent en général les vieillards pour les gouverner. Elles ont des lois, des pénalités déterminées pour certains crimes ou délits. L'opinion assez générale que les femmes sont enlevées de force et que leur consentement n'est jamais nécessaire pour un mariage, n'est pas exacte. Il existe, au contraire, des règles précises ; et ces règles sont observées avec rigueur. L'exogamie est une de ces règles (2) ; les différents clans se marient entre eux et ces mariages créent des liens d'hospitalité et de protection réciproque auxquels nul Australien ne se refuse (3). Les guerres qui s'élèvent entre tribus rivales sont généralement peu sanglantes ; la paix se rétablit par l'action des vieillards, dès qu'un homme a été tué ou blessé.

(1) AGENCE REUTER, fév. 1898.

(2) L'*exogamie* est le mariage entre membres de tribus différentes; l'*endogamie*, le mariage permis entre membres de la même tribu.

(3) Selon M. Howitt, autorité considérable pour tout ce qui concerne l'Australie, ces règles matrimoniales sont très anciennes. JOURN ANTHR. INST. 1888.

Le portrait que trace M. Hale des indigènes est aussi bien moins chargé que celui de M. Carnegie. Ils tiennent, nous dit-il, du type malais et du type africain. Leur couleur varie du brun rouge au brun foncé. Leur taille est plutôt petite, leurs membres sont bien proportionnés, la tête est large, le front étroit et fuyant, les yeux sont noirs et enfoncés dans les orbites, le nez est aplati, le prognathisme marqué et les os du crâne présentent une grande épaisseur. En revanche, les cheveux ne sont pas laineux comme ceux des nègres, raides et frisés comme ceux des Malais, mais fins et soyeux comme chez les races blanches. Les hommes ont en général la barbe longue et fournie, d'un noir de jais ou d'un brun foncé. Tout le système pileux enfin est très développé.

Il n'est pas possible cependant, malgré quelques traits plus favorables, de nier l'extrême dégradation où sont tombés les Australiens, et le contraste qu'ils présentent avec les colons européens la rend peut-être plus frappante encore. Mais assurément M. Hale est fondé à demander si la race sémite, la race aryenne, les mieux douées, les plus intelligentes, condamnées à vivre durant de longues générations dans le milieu où croupissent les Australiens, ne seraient pas tombées à leur niveau. Leur barbarie n'implique donc pas une infériorité intellectuelle ; elle doit être surtout attribuée, il est difficile d'en douter, au milieu dans lequel ils végètent sans une possibilité de progrès.

Tout témoigne de la justesse de cette conclusion. Si dans leurs rapports avec les Européens, les indigènes se montrent sournois et hautains ; si on a pu, non sans raison, les accuser d'une invincible stupidité, les enfants amenés jeunes dans des centres civilisés ont souvent surpris leurs instituteurs par leur intelligence, par leur facilité à apprendre les langues, la musique. Jusqu'à l'âge de la puberté, ils dépassent les enfants blancs, leurs camarades.

La même remarque a souvent été faite aux États-Unis pour les petits nègres.

Une autre conclusion est plus intéressante encore. Nous l'emprunterons au travail d'un savant Canadien que la science vient de perdre. Horatio Hale (1) regarde la perfection du langage comme le signe le plus certain de la supériorité intellectuelle d'une race. Si donc le langage des Australiens est d'une organisation aussi complète que celle des nations que nous regardons comme les plus civilisées, il faudra bien accepter pour eux un état antérieur plus élevé (2). Or ce n'est pas sans un certain étonnement que l'on constate la perfection atteinte par certains dialectes australiens qui sortent tous de la même souche (3). Leur grammaire possède sept déclinaisons (4) ; une d'elles est propre aux noms de personnes, une autre aux noms de lieux ; chaque déclinaison compte de dix à onze cas (5) plus logiquement établis que dans les langues aryennes. Les verbes ont des conjugaisons ; on les combine avec des adjectifs pour modifier leur signification. La racine comprend généralement une ou deux syllabes et des suffixes qui remplacent les pronoms. Le verbe *être* prend plusieurs formes, il se conjugue comme le verbe latin *esse*. De nombreux noms enfin dérivent des verbes ; ils aident par des affixes à la facilité ou à la fécondité de

(1) *Language as a Test of mental Capacity being an Attempt to demonstrate the true Basis of Anthropology.* TRANS. ROYAL SOC. OF CANADA, t. IX, 1891. « No language has yet been discovered, dit Hale (p. 107), which was not governed by rules and principles which nature alone could never have dictated and human science could never have imagined. »

(2) *Loc. cit.*, p. 79, 81.

(3) M. Hale a vérifié le fait par lui-même pour les indigènes vivant dans l'Est de l'Australie. M. Fred. Müller, dans le voyage autour du monde de la frégate autrichienne *Novara*, a complété les renseignements de Hale pour les indigènes de l'Ouest. Le Dr Müller ajoute que les langues indigènes, tout en gardant leurs affinités primitives, sont en pleine décadence.

(4) La première grammaire australienne a été publiée, il y a quelques années déjà, à Sydney par le Rev. S. E. Threkeld.

(5) Deux nominatifs, un genitif, deux datifs, un accusatif et quatre ou cinq ablatifs. Nous renvoyons au savant travail de Hale pour les intéressants exemples qu'il donne.

l'expression. On trouve ce procédé dans le sanscrit et dans le grec, plus rarement dans le latin et l'allemand moderne (1).

La conclusion que les linguistes doivent tirer de ces faits, continue Hale, est que dans des conditions de vie moins dures, moins misérables, ces races aujourd'hui si dégradées auraient non seulement maintenu le niveau de leurs ancêtres, mais se seraient aussi rapidement développées que leurs congénères plus favorisées. Cette conclusion ressort avec plus de force encore pour ceux qui admettent avec Max Müller (2) que le raisonnement et le langage sont identiques, ou, pour parler plus exactement, qu'ils sont, comme la chaleur et le mouvement, des manifestations différentes de la même force.

Nous ne pouvons suivre Hale dans ses considérations sur l'origine des Australiens. Il suffira de dire ici qu'il se refuse à voir en eux les représentants de populations primitives ayant toujours vécu sur le sol où elles vivent aujourd'hui; qu'il les croit de souche dravidienne, issues des peuples qui occupaient l'Hindoustan avant l'arrivée des Aryas et qui comptent aujourd'hui encore plus de 50 millions de représentants disséminés dans toute la péninsule Hindoustanique (3).

Les Dravidiens furent vaincus par les Aryas, 1500 ans environ avant notre ère. Au moment de l'invasion, ils étaient probablement supérieurs comme civilisation à leurs vainqueurs, mais incapables de résister à des adversaires plus belliqueux et mieux organisés. Si nous acceptons

(1) Les conclusions de Hale ont été contestées. Le Rev. Dr Farrar voit, au contraire, dans la richesse des langues de certaines races sauvages, l'impossibilité où sont ces races d'arriver à une idée abstraite. De là, la nécessité pour elles d'une abondance de mots et de circonlocutions Les exemples que Hale cite (p. 103, 104) réfutent complètement les théories de Farrar.

(2) *Science of Thought*, ch. I.

(3) Les Dravidiens arrivèrent probablement en Australie par le golfe de Carpentaria. C'est là, dit Hale, que le langage a conservé les formes dravidiennes les plus accentuées.

l'opinion de Hale et d'autres savants, c'est de cette race comparativement élevée, que seraient sortis les Australiens tombés aussi bas que nous les voyons, sous l'empire de circonstances auxquelles aucune race, si bien douée qu'elle fût, n'aurait résisté. L'évidence de l'histoire comme l'évidence du langage montrent que l'état de barbarie dans lequel sont plongées de trop nombreuses populations n'implique aucune infériorité de puissance intellectuelle, mais seulement, si je puis me servir de ce mot, sa suspension depuis un nombre considérable d'années ou de siècles (1).

Nous pourrions citer de nombreuses races qui offrent les mêmes caractères d'infériorité que les Australiens: les Diggers, aussi misérables que les Indiens de la Californie et destinés comme eux à une prompte extinction (2); les Boschismen, probablement les hommes les plus laids du globe. Les plus grands n'atteignent guère que 4 pieds 4 pouces (environ $1^m,30$). La plus grande femme rencontrée par Barrow n'avait guère que 4 pieds, et il en cite une autre, mère de plusieurs enfants, dont la taille ne dépassait pas 3 pieds 9 pouces ($1^m,12$). Ces femmes sont remarquables par leur stéatopygie et, fait je crois unique parmi les races humaines, par leur tablier 3). Chez les deux sexes, les nez sont plats, les os des joues saillants, le menton très proéminent. Comme morale, comme civilisation, ils sont au niveau des Australiens.

Les Yahgans, qui appartiennent à la race Fuegienne,

(1) Donnons les propres paroles de Hale (*l. c.* p. 101, 102): «Thus the Australians who some too eager theorists have accepted as the best representatives of primeval Man, prove to be the offspring of one of the most highly endowed races of Southern Asia. »

(2) AMERIC. ANTHROPOLOGIST, 1892, p. 351.

(3) Ce dernier organe est parfaitement indépendant de toute affection pathologique ; il s'observe dès l'enfance, croît avec les années et disparaît par le croisement. Son développement se montre toujours avec le développement exagéré des fesses et avec une forme assez particulière du sein. Ces caractères ne se remarquent pas chez les Hottentotes, comme on le dit souvent.

sont, eux aussi, plongés dans la plus cruelle dégradation. Leurs facultés intellectuelles sont peu développées et ne paraissent même pas susceptibles de développement, si nous devons en croire le Dr Hyades qui les a visités récemment. Ils ne savent même pas fabriquer la poterie la plus commune, telle que celle de nos plus vieux ancêtres, par exemple (1). Ils possèdent cependant un langage qui annonce, lors de sa formation, une culture élevée et nous devons en tirer les mêmes conclusions que pour les Australiens.

La vie sociale des Eskimos des côtes du Groënland est misérable ; ils ne possèdent aucun chef ayant sur eux une autorité sérieuse. Chaque communauté est une société qui se régit à part et l'organisation familiale est toute patriarcale. Ils sont polygames et les liens du mariage, si tant est qu'ils existent, sont des plus faibles. Ici aussi nous sommes en droit d'attribuer leur dégradation au milieu dans lequel ces malheureux sont condamnés à vivre ; toutes leurs facultés se concentrent dans une lutte incessante contre le froid, contre l'inexorable faim qui les déciment.

Nous pourrions multiplier ces tristes récits (2) ; nous n'avons pas le courage de les poursuivre plus longuement, et nous préférons, pour compléter notre démonstration, montrer une race placée au même degré sur l'échelle humaine que celles que nous venons de dire, s'élevant progressivement et reprenant sa place parmi les races civilisées à mesure qu'elle s'éloignait du triste milieu où ses ancêtres avaient vécu durant de longues générations.

Les Tinneh (3) habitent, au nord de l'Amérique, la

(1) Pector, *Ethnographie de l'Archipel Magellanique.*

(2) En étudiant les langues africaines, dit Hale (*l. c.* p. 79), on verra qu'elles sont aussi riches, aussi avancées que celles des Ibères ou des Dravidiens. Un nègre, mon collègue à la Société d'Anthropologie, insistait un jour auprès de moi, sur l'injustice qu'il y avait à décider *ex professo* l'infériorité de telle ou telle race, sans tenir compte des conditions matérielles de son passé. Il avait assurément raison, et je dus abonder dans son sens.

(3) Leur nom véritable est Déné-Djinjié. Les ethnologistes américains leur

région qui s'étend de la baie d'Hudson à l'est, jusqu'à l'Alaska à l'ouest; triste pays de montagnes et de marais, aux lacs peu profonds et par suite peu poissonneux, aux rivières à cours rapide et dangereux. La végétation vaincue par le froid est nulle, la stérilité perpétuelle; quelques arbres rabougris se montrent de loin en loin; des animaux à fourrure précieuse forment la faune. Le chasseur les poursuit avec acharnement, dans l'espérance d'un profit souvent bien aléatoire.

Quand cette ressource manque, les malheureux n'ont pour se nourrir que le lichen qu'ils arrachent aux arbres ou aux rochers. Ils errent sans demeures fixes et quand la chasse les retient, ou que le froid extrême les contraint à s'arrêter, ils élèvent quelques misérables huttes avec des branches recouvertes de terre battue ou de peaux de bêtes.

Écrasé par le climat, par les misères de sa vie, le Tinneh, disent ceux qui ont vécu dans le pays, est égoïste, orgueilleux, dur pour les vieillards, les malades, les infirmes, les bouches inutiles en un mot. Comme tant d'autres sauvages, il est poltron, menteur, paresseux; en revanche, il est sobre, peu vindicatif, humain, généreux même pour ceux dont il espère quelque service. Le vol et la violence, si communs chez les Polynésiens, lui sont étrangers. Les Tinneh ne manquent pas d'intelligence, mais leur intelligence n'a jamais pu se développer, faute d'occasions favorables.

Leur langage n'est pas moins remarquable que celui des Australiens ; tous les caractères témoignant d'une langue avancée s'y rencontrent; variété des expressions, richesse des inflexions, aptitude à modifier les mots, nombre des verbes auxiliaires, modes différents du verbe *être* qui, comme dans les langues aryennes, sert à former les temps (1).

donnent aussi le nom d'Athapascans. Gallatin, *Synopsis of Indian Tribes*: — Constantine Pilling, *Bibliography of the Athapascan Languages*.

(1) Darwin prétendait que la construction à la fois régulière et complexe

Nous sommes loin de la forme agglutinative que l'on regardait comme la loi des langues primitives américaines, et il est permis de répéter pour les Tinneh ce que Max Müller disait des Iroquois : « *The People who fashioned such a speech must have been powerful reasoners and accurate classifiers.* » Nous devons en conclure que les Tinneh comme les Australiens descendent d'une race plus civilisée et que, comme les Australiens, le milieu auquel ils sont condamnés les a conduits à leur barbarie actuelle.

Ici heureusement nous n'en sommes pas réduits aux hypothèses, et nous possédons des preuves certaines de la possibilité du retour d'une race dégradée à une civilisation comparative, à la civilisation des ancêtres.

Des rameaux sortis des Tinneh sont descendus vers le sud. On a pu suivre les traces de leurs migrations à travers la Colombie anglaise, les États de Washington et de l'Orégon, jusqu'aux riches vallées de la Californie du Nord. Là, les Hupa, c'est le nom qu'ils prirent, s'établirent et M. S. Powers (1) dépeint leurs descendants comme la plus belle race de toute la région. « Ils sont, dit-il, les Romains de la Californie par le prestige qu'ils exercent sur les autres tribus, les Français par la facilité avec laquelle leur langue s'est répandue dans le pays. Leur supériorité se manifesta, dès leur début, par une rapide adaptation à la civilisation plus avancée des peuples qu'ils avaient soumis. Ils apprirent à élever des maisons hautes et commodes, à construire et à naviguer des barques, à se servir comme moyen d'échange de coquilles, mode absolument inconnu à leurs ancêtres. »

Les Navajos sortis des Hupa gagnèrent l'Arizona, puis le Nouveau Mexique, où les Espagnols les trouvèrent,

d'une langue est un signe d'infériorité. « En ce cas, lui répond très bien Hale, le grec de Platon et l'arabe d'Avicenne sont des langues inférieures. » Nous avons vu le Dr Farrar soutenir cette même théorie.

(1) *Contributions to North American Ethnology.*

quand, en 1541, ils envahirent la région (1). Ils cultivaient la terre, ils arrosaient leurs champs au moyen de canaux *(acequias)* construits avec intelligence ; ils élevaient d'immenses greniers pour conserver leurs récoltes. Les couvertures des Navajos, les objets en argent repoussé fabriqués par eux sont célèbres dans toute l'Amérique, et s'il est probable qu'ils apprirent tout d'abord à les produire des Indiens Pueblos, qui occupaient le pays avant leur arrivée, il est certain qu'ils firent faire à cette fabrication de remarquables progrès.

Leur intelligence se montre plus élevée encore dans leurs chants religieux et dans leurs légendes. La prière ou plutôt le récit mythologique d'un Shaman Navajo mérite d'être conservé (2). Nous pouvons aussi citer le chant des Montagnes, œuvre d'une riche imagination, où se rencontrent de nombreux et curieux détails historiques ou mythologiques.

A un autre point de vue, leurs progrès n'ont pas été moins considérables. Les femmes chez les Tinneh sont achetées à leurs parents et réduites au plus misérable esclavage. Les jeunes filles Navajos, au contraire, sont libres de choisir celui qu'elles veulent épouser. Après leur mariage, elles conservent la propriété de ce qu'elles ont apporté et de ce qu'elles peuvent gagner par leur travail personnel (3).

(1) Washington Mathews, *The Navajo Weavers — The Navajo Silversmiths. Report Bureau Ethn*, t. I et II.

(2) Cette légende est reproduite dans l'AMERICAN ANTHROPOLOGIST, 1888. Elle rappelle par certains côtés, et cette analogie ne manque pas d'intérêt, la déesse Ishtar descendant dans l'Hadès, pour retrouver son amant Thaumaz qu'elle avait perdu (Rawunson, *Religions of the ancient World*, ch. II). Cette dernière légende que les briques assyriennes nous ont conservée est inférieure comme composition, dit Hale (*l. c.* p. 88), à la légende Navajo.

(3) Ici aussi, nous trouvons une curieuse légende sur la différence du traitement des femmes chez les Tinneh du Nord et les Tinneh du Sud. Un jour, les femmes de ces derniers, lasses des mauvais traitements qu'elles subissaient, se mirent en grève, quittèrent leurs foyers, traversèrent la rivière et s'établirent sur la rive opposée. Pendant quatre ans, les deux

Tels sont les progrès accomplis en un petit nombre de siècles par les Tinneh échappés au rude climat où végétaient leurs pères. Ils justifient nos conclusions, que les races sauvages sont primitivement issues de races civilisées ; qu'elles sont intellectuellement aussi bien douées que les races que nous qualifions, non sans un certain orgueil, de supérieures ; qu'elles ne sont tombées dans la barbarie que par suite des misères de leur vie ; que rendues enfin à une existence moins dure, elles peuvent rapidement s'élever à un état bien différent. Les sauvages n'ont donc ni physiquement, ni intellectuellement, aucun rapport avec l'animalité; ils ne sauraient relier l'animal à l'homme.

Telle est aussi la conclusion de Hale (1).

« Le philologue, dit-il, découvre dans les langues australiennes ou fuegiennes la preuve d'une capacité mentale qui, dans d'autres circonstances, aurait placé ceux qui les parlaient dans une condition tout autre que leur condition actuelle. » La tâche de l'historien futur sera de montrer par quelles catastrophes les peuples réduits à l'état de barbarie ont été violemment séparés du monde et comment, par suite de la dispersion et de l'isolement, ils sont déchus de leur civilisation primitive, pour tomber dans l'état que nous voyons (2). Il ne faut jamais oublier, en écrivant cette douloureuse histoire, que l'humanité vient de loin et que l'historien, en essayant de la remonter, s'arrête bien vite (3).

Il est d'autres abîmes qui séparent plus nettement

sexes vécurent séparés. Au bout de ce temps, les femmes fatiguées de leur solitude supplièrent leurs maris de les reprendre. Les hommes hésitaient et délibéraient encore, lorsque trois ou quatre femmes plus ardentes que les autres voulurent traverser la rivière à la nage et se noyèrent dans la tentative. La question fut tranchée par ce dévouement, et depuis ce moment, les hommes consentirent à traiter leurs femmes comme leurs égales.

(1) *Loc. cit.*, p. 108.

(2) Abbé Thomas, *De la condition primitive du genre humain.* CORRESPONDANT, 1885.

(3) Darmesteter, *Les Prophètes d'Israël.*

encore, s'il est possible, l'homme, quelle que soit sa dégradation, de tous les autres êtres. Seul, il possède la conscience de ses actes (1), la conscience des phénomènes au milieu desquels il se meut. L'animal vit et meurt, il ne sait pas qu'il vit, il ignore qu'il doit mourir. L'homme, au contraire, sait que la mort est la grande loi de la vie. L'idée de la mort, l'idée surtout que tout ne finit pas avec la vie qui s'écoule si rapidement pour lui, l'élèvent bien au-dessus des autres êtres qui peuplent le vaste univers.

Il est aussi une distinction non moins importante qu'il faut aborder. Sans doute les animaux, depuis les mammifères aux nobles proportions jusqu'au plus humble insecte, sont dignes de Celui qui leur a donné la vie, non seulement par leurs formes mais aussi par leurs facultés qui souvent nous jettent dans un profond étonnement. M. Letourneau montre par une foule de faits (2), le faucon, l'aigle à tête blanche d'Amérique, l'aigle doré, le canard sauvage apprenant à leurs petits à pêcher ou à chasser. Il en est de même pour l'ours, le lion, le castor. Ce dernier enseigne à ses petits à couper des branches d'arbres, à les porter au bord de l'eau, à construire leurs barrages et leurs demeures. Les fourmis elles-mêmes se livrent à une véritable éducation des jeunes. « N'avez-vous pas observé dans le règne animal, s'écriait le Père Monsabré du haut de la chaire de Notre-Dame (3), les essais merveilleux de l'industrie, je dirai même de la société humaine? Il y a des fileurs, des tisserands, des vanniers, des bûcherons, des maçons, des architectes et jusqu'à des républicains et des monarchistes parmi les animaux. »

(1) J'ai traité dans le CORRESPONDANT (25 décembre 1891, 10 janv. 1892) la grande question de l'*Intelligence et de l'Instinct*. Je me permets d'y renvoyer mes lecteurs. Il faut aussi consulter dans la SCIENCE CATHOLIQUE un travail dû à un des savants collaborateurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, M. de Kirwan, *Les facultés différencielles des hommes et des animaux*.

(2) *L'éducation dans le règne animal*. REVUE DE L'ÉCOLE D'ANTH., avril 1897.

(3) *Conférences*, 1875.

L'abbé de Broglie, dont nous ne cesserons de déplorer la mort prématurée, précise plus scientifiquement la même pensée. « Le développement de l'animal, nous dit-il, est absolument différent de celui de l'homme. L'animal acquiert avec une rapidité inouïe toute la science instinctive dont il a besoin ; il marche, il nage, il apprécie les distances aussitôt après sa naissance ; l'homme doit tout apprendre lentement par une éducation prolongée. Les sociétés animales ont eu, dès le début, toute la perfection dont elles sont susceptibles ; nulle part, chez aucune espèce, elles ne témoignent d'un progrès apparent (1). »

On peut répéter pour l'animal isolé ce que l'abbé de Broglie dit des sociétés animales. Les animaux ont vécu plus longtemps que l'homme sur la terre ; pourquoi, et Wallace ne méconnaît pas la portée de cet argument, le temps ne leur a-t-il apporté aucun progrès appréciable ? Ils accomplissent leur œuvre sans rien modifier à ce que leurs ancêtres ont fait avant eux. Partout et toujours, nous voyons chez les individus de chaque espèce, même uniformité dans les actes, même fixité psychique (2).

C'est là encore une des distinctions profondes qui ont toujours séparé, qui sépareront toujours l'animal de l'homme.

Seul, en effet, parmi les êtres innombrables qui l'entourent, l'homme est capable de s'assimiler l'œuvre de ses devanciers, de profiter des efforts qu'ils ont faits, des connaissances qu'ils ont acquises. Les singes, quelque intelligence qu'on veuille leur supposer, sont restés ce qu'ils étaient dès leur première apparition sur la terre. En vain les générations ont remplacé les générations, ils ne savent qu'obéir à leurs instincts brutaux, comme leurs ancêtres le faisaient avant eux (3) ; et tout permet

(1) CORRESPONDANT, 10 nov. 1891, p. 421.

(2) Ch. Richet, REV. DES DEUX MONDES, 1er mars 1891.

(3) « Animals are born what they are intended to remain. Nature has bestowed upon them a certain rank and limited the extent of their capacity by

de penser que si des singes doivent succéder à des singes durant des siècles encore, ils resteront tels que nous les voyons, tels qu'ils ont toujours été. Les chiens resteront semblables aux chiens, les éléphants aux éléphants, les fourmis aux fourmis. Dès leurs premiers pas, ils sont arrivés aux limites fixées par l'éternelle Sagesse. A l'homme seul il a été donné de comprendre ce qu'ont fait ses devanciers (1), de marcher plus ferme dans la voie où ils tâtonnaient, de prononcer les paroles qu'ils bégayaient. Nous descendons assurément de ces hommes errants dans les forêts ou dans les déserts, ne connaissant aucune culture, habitant des cavernes, sans air, sans lumière, se nourrissant d'une chair immonde, plus misérables cent fois que les animaux qui vivaient autour d'eux. Schiller chante un hardi plongeur se précipitant dans les flots pour y chercher la coupe d'or. Il dit dans des vers magnifiques la terreur de cet homme, seul être pensant parmi les monstres de l'abîme. N'est-ce point là la position de nos plus vieux ancêtres ? Ces hommes étaient moins forts à la lutte, moins agiles à la course, plus mal armés pour l'attaque ou pour la défense que les animaux qui vivaient autour d'eux (2). Mais ils comprenaient qu'un résultat acquis pouvait s'acquérir encore par les mêmes moyens. Ils ont vu en frottant deux bâtons jaillir l'étincelle, ils ont su la fixer et la conserver; ils ont vu qu'une pointe blessait plus facilement l'animal qu'ils poursuivaient, ils ont appris à appointer les silex qui gisaient à leurs pieds ; ils ont vu que la peau des bêtes jetée sur leurs épaules les préservait du froid, ils

an impassable decree. Man, she has empowered to become the artificer of his own rank in the scale of beings by the peculiar gift of improvable reason. » Sumner, *Records of Creation*, t. II, ch. 2.

(1) On ne saurait admettre, disait récemment M. Armand Gautier, que la plus haute des facultés humaines, la conscience, est une réaction chimique. Les matérialistes n'ont nullement le droit d'avancer que l'on peut doser la pensée et peser ce qu'elle nous coûte d'énergie physique. Nous pouvons penser, sans emprunter quoi que ce soit à notre énergie vitale.

(2) « Nudus in nuda humo », dit Pline.

ont appris à se faire des vêtements ; ils ont vu les grains germer, ils ont appris à les semer ; le feu leur a révélé les métaux, ils ont appris à les combiner et à les utiliser ; les animaux erraient autour d'eux, ils ont su en faire leurs serviteurs et leurs esclaves. Chaque connaissance acquise, chaque progrès accompli transmis par les générations aux générations sont devenus le point de départ de connaissances nouvelles, de progrès nouveaux. C'est ainsi que s'est constitué progressivement le glorieux patrimoine que nos pères nous ont légué, et que nous léguerons à notre tour à ceux qui viendront après nous.

Certes les hommes qui ont fait ces grandes découvertes, le feu, la taille des pierres, les premiers essais de métallurgie, la domestication des animaux, découvertes bien autrement utiles, bien autrement difficiles que toutes nos grandes découvertes modernes, étaient déjà à une incommensurable distance de l'animalité. La civilisation dont ils ont été les initiateurs, marche de progrès en progrès. La société grandit, elle se perfectionne par le travail ; les villes sont bâties, les empires sont créés, les lois basées sur les principes de l'éternelle justice sont une première protestation du droit contre la force. L'homme s'élève toujours ; les astres lui livrent leurs secrets ; des entrailles de la terre sortent les témoignages nouveaux de son énergie et de sa puissance ; les continents, les déserts, les montagnes ne peuvent l'arrêter ; la mer elle-même est domptée et une barque fragile conduit le hardi navigateur aux limites de l'Océan. Le temps et l'espace sont vaincus, et l'homme, maître incontesté de l'univers, s'avance vers des horizons inconnus, vers des temps qu'il ne peut prévoir, mais qui accroîtront certainement encore sa gloire et sa puissance.

Assurément un insondable abîme, que rien ne vient combler, existe entre l'homme, capable de si grandes choses,

et tous les autres êtres (1). Plus que cela nous ne pouvons dire. La science humaine livrée à ses seules inspirations est muette ; elle doit reconnaître, je l'ai dit, et il faut le répéter encore, que l'univers est un problème insoluble ; que le commencement, la fin, l'essence de toutes choses, l'origine, le développement, le principe même de la vie échappent et échapperont probablement toujours à nos investigations. L'homme à l'aide de ses seules forces ne saurait pénétrer ces phénomènes les plus merveilleux à la fois et les plus incompréhensibles de tous. C'est plus haut qu'il doit porter ses regards, et je ne saurais mieux finir qu'en citant les paroles d'un homme dont les descendants perpétuent glorieusement la mémoire : « On ne peut méditer profondément sur les attributs de la pensée, on ne peut arrêter son attention sur le vaste empire qui lui a été soumis, on ne peut réfléchir à la faculté qui lui a été donnée de fixer le passé, de rapprocher l'avenir, de ramener à elle le spectacle de la nature et le tableau de l'univers, de contenir pour ainsi dire, en un point, l'infini de l'espace et l'immensité du temps : on ne peut considérer un semblable prodige, sans réunir à un sentiment continuel d'admiration, l'idée d'un but digne d'une si grande conception et digne de Celui dont nous admirons la sagesse (2). »

VI

Je crois avoir prouvé, en m'appuyant uniquement sur les faits, qu'il était impossible de montrer les traces,

(1) « Our amazement springs from the fact how man everywhere different is yet everywhere the same, and our reflection is that whatsoever is his history, by whatsoever environments he is surrounded in his slow progress from the darkness of savagery to the light of civilization, he treads the same path, aids himself by the same, weak supports and seeks the same material wrappings in which to swathe the feeble progeny of his intellect and imagination. » Brinton, *Congress of Anth.*, Chicago 1893.

(2) Necker, *De l'importance des idées religieuses.*

encore moins les progrès de l'évolution, soit durant les temps historiques, soit durant la partie des temps préhistoriques qu'il nous est possible d'embrasser; que le processus par lequel elle pouvait ou devait s'exercer était encore à découvrir; que l'homme ne se rapproche d'aucun des autres êtres qui peuplent la terre et que le type humain, tel qu'il existe de nos jours, était le type qui se retrouvait dans tous les temps et dans toutes les régions. Sergi affirme la persistance en Afrique des caractères anthropologiques (1). Maspero nous dit qu'à une distance de cinquante siècles, l'habitant du Caire reproduit trait pour trait la ressemblance des anciens Pharaons, ressemblance que les momies accentuent encore; et le Dr Boas arrive à la même conclusion pour les métis Indiens de l'Amérique. Le mélange ne donne jamais des types intermédiaires; il reproduit invariablement tantôt l'un, tantôt l'autre des types ancestraux.

En était-il de même dans les temps géologiques, dans ces temps dont le passé immense dépasse la compréhension humaine et qui ont vu s'accomplir de si prodigieuses modifications? Modifications dans le système des montagnes, modifications dans les limites et dans la superficie des océans et des continents, modifications dans l'orographie, modifications dans la flore et dans la faune.

Ce sont ces dernières que nous voulons examiner, et rechercher si ces modifications si profondes, souvent si complètes, sont dues à des apparitions ou à des disparitions successives, à des créations multipliées, à l'action incessante du Créateur, ou à des transformations, à des évolutions comme on les appelle aujourd'hui, dont la science recherche en vain la cause, mais dont le principe, nous affirme-t-on, est aujourd'hui hors de doute.

Si je n'écoutais que mon sentiment, mon choix serait rapidement fait et je n'hésiterais pas à me rallier à cette

(1) *Africa. Anthropologia della stirpe camitica.* Torino, 1897.

opinion. « J'ai peine à croire, disait d'Omalius d'Halloy (1), il y a quelques années déjà, que le Tout-Puissant ait à diverses époques fait périr tous les êtres, pour se donner le plaisir d'en créer de nouveaux qui, sur les mêmes plans généraux, présentent des différences successives tendant à arriver aux formes actuelles. »

L'idée que je me fais de la puissance de Dieu me conduit à la même impression. J'ai peine à concevoir le Créateur décidant un plan, puis le remaniant, le modifiant, le perfectionnant, durant l'immensité des temps. Assurément, comme le proclame notre éminent paléontologiste (2), la théorie de l'évolution montre mieux que la théorie des créations multiples et indépendantes, l'unité et l'harmonie du plan divin.

Je n'hésite pas à reconnaître que les savants travaux de M. Gaudry, *Les enchaînements du monde animal* et l'*Essai de Paléontologie philosophique*, m'ont profondément troublé. Ces déductions si nettes, ces êtres si différents et cependant si rapprochés, ces faits résumés avec la méthode la plus rigoureuse ne peuvent laisser indifférents ceux dont l'unique but est la recherche de la vérité, et l'on désire avec ardeur pouvoir se rallier à sa conclusion : « Le monde animé est une grande unité dont on peut suivre le développement comme celui d'un individu. »

Mais notre jugement ne doit se laisser influencer ni par les impressions, ni par les sentiments ; il doit se baser uniquement sur les faits. Or, si les faits développés avec tant d'éclat par M. Gaudry ; si les passages, souvent bien singuliers, qu'il nous montre entre les espèces, les genres, peut-être même entre les ordres, frappent d'étonnement, ils restent le plus souvent isolés, et les objections qu'on peut leur faire conservent leur portée.

Incontestablement, les faits qui affirment les passages

(1) *Le Transformisme*, BUL. ACAD. DE BELGIQUE, décembre 1873.
(2) Gaudry, *Essai de Paléontologie philosophique*, Paris 1896.

entre des espèces à coup sûr bien dissemblables sont nombreux et importants. C'est à M. Gaudry que nous les emprunterons. Certes, la différence entre l'ongulé avec ses doigts libres et mobiles et le solipède avec son doigt unique devenu un sabot, est immense. Mais on connaît aujourd'hui des intermédiaires chez qui on voit les doigts successivement solidifiés et remplacés par des doigts rudimentaires qui rappellent les ancêtres et qui disparaissent chez nos chevaux actuels.

Nous pouvons suivre le groupe des équidés depuis le tertiaire où il paraît pour la première fois, et reconnaître toute une série de formes qui rattachent les chevaux aux imparidigités (1).

L'*Hydracotherium* (*Eohippus*) de l'éocène inférieur, le premier animal connu du groupe, possédait quatre doigts complets aux pieds de devant, trois aux pieds de derrière.

Le *Palæotherium* (*Mesohippus*) de l'éocène supérieur n'a plus que trois doigts égaux à chaque pied et le rudiment d'un quatrième au pied de devant. Chez l'*Anchitherium* (*Miohippus*) du miocène moyen, le doigt médian prend une grande importance; mais les doigts latéraux, quoique plus minces, touchent encore le sol. Le doigt médian s'appuie seul. Chez l'*Hipparion* du miocène supérieur, les doigts latéraux sont courts et réduits. Chez le cheval du pliocène (*Equus fossilis*), il y a un doigt unique très fort; mais sous la peau, se retrouvent deux baguettes osseuses qui le rattachent aux ancêtres qu'on lui suppose. Notre cheval enfin, dont on a pu dire qu'il n'était qu'un *Palæotherium* modifié, n'a qu'un doigt à chaque pied, les autres sont représentés par des rudiments plus ou moins complets. L'ongulé est devenu un solipède et, comme souvenir des types ancestraux, Gaudry cite plusieurs réapparitions ataviques chez les chevaux vivants. « Il est naturel, conclut-il,

(1) Gaudry, *Mammifères tertiaires*, p. 124 et s. — *Paléontologie philosophique*, p. 186, 187, figg. 182 à 186.

de voir dans ces réapparitions des phénomènes d'atavisme, c'est-à-dire des retours momentanés vers les caractères ancestraux. »

Leidy ajoute que les dents de lait des animaux du genre *Equus* ressemblent aux dents permanentes de l'antique *Anchitherium*; Rutimeyer que les dents du *Caballus*, plus encore celles de l'*Equus fossilis*, rappellent les dents permanentes de l'*Hipparion* et que celles de l'*Anchitherium* se rapprochent d'un genre plus ancien encore. Je cite ces derniers faits ; ils sont curieux ; mais j'avoue ne pas bien voir la conclusion que l'on peut en tirer.

Si nous étudions plus spécialement les fossiles américains, M. Marsh nous montrera l'*Orohippus agilis* de l'éocène et l'*E. Fraternus* du quaternaire séparés par une trentaine d'espèces se reliant les unes aux autres (1).

Les ruminants ont eu leur règne durant la seconde moitié des temps tertiaires. Dès cette époque, leur ordre était aussi florissant qu'il l'est encore de nos jours. Leurs pattes si fines ont pu venir de la transformation des lourdes pattes des pachydermes, soit par le déplacement ou le changement de forme des os, soit par leur atrophie et leur soudure ; les exemples de ces changements divers sont multiples (2).

Les pachydermes modernes ont contribué à faire repousser toute idée de rapprochement entre les espèces diverses (3). Les rhinocéros d'Asie et les rhinocéros d'Afrique sont trop différents pour que l'on puisse présumer qu'ils descendent les uns des autres. Mais ne peut-on pas supposer qu'ils descendent d'un ancêtre commun vivant à l'époque tertiaire ?

Les dents des éléphants sont formés de lamelles superposées, les dents de mastodontes de gros mamelons d'où

(1) Marsh, *Notice of New Equine Mammals from the tertiary Formation*. — Gaudry, *l. c.*, note 1, p. 143.
(2) Gaudry, *ibid.*, pp. 77, 121.
(3) Id , *ibid.*, p. 44.

le nom qui leur a été donné par Cuvier (1). A première vue, il est facile de reconnaître qu'ils appartiennent à des espèces différentes. Mais Falconer et, après lui, d'autres paléontologistes ont montré 26 proboscidiens qui les rapprochent insensiblement, et il devient souvent difficile, même à un savant compétent, de dire quand une dent cesse de pouvoir être attribuée à un mastodonte pour devenir celle d'un éléphant.

Continuons une rapide nomenclature, la seule dont il puisse être ici question. L'*Helladotherium* relie la girafe au daim et à l'antilope dont elle paraissait séparée par une infranchissable distance. Le *Cibochœrus* des phosphorites du Querci est un intermédiaire qui montre que les singes étaient moins séparés des autres ordres de mammifères qu'ils ne le sont aujourd'hui (2); et les *Adapis* enseignent la même leçon pour les lémuriens et les pachydermes. Le *Simocyon* découvert à Pikermi établit un passage des Ursidés aux Canidés. Le *Cynodon* tient à la fois du chien et de la civette. M. Filhol admet pour ce seul genre 17 espèces différentes. Elles représentent les oscillations d'un type qui a incliné tantôt vers la civette, tantôt vers le chien, de sorte que, comme nous venons de le dire pour l'éléphant et le mastodonte, il est difficile de dire où le chien finit, où la civette commence. M. Boule a retiré, des couches pliocènes du plateau central de la France, des canidés réalisant le type des renards, des chacals, des chiens et des loups. Ils servent de transition entre les espèces miocènes et les espèces quaternaires (3).

A chaque pas, les êtres changent avec une étrange facilité. « L'étude de nombreux matériaux recueillis un peu partout, dit M. Boule, permet de constater une fois

(1) Id., *ibid.*, p. 172.— REV. QUEST. SCIENT., 1889.— Gaudry, *Paléont. philos.*, p. 187, figg. 187 à 192.
(2) Gaudry, *l. c.*, p. 215.
(3) ACAD. DES SCIENCES, 20 janv. 1889.

de plus la plasticité des espèces quand on les considère dans les temps géologiques. » Les poissons fournissent un exemple curieux. A l'époque secondaire, la plupart d'entre eux étaient protégés par une cuirasse très dure ; les poissons carnassiers destinés à les dévorer devaient donc avoir des dents très fortes, triturantes et broyantes. Les océans actuels, au contraire, sont peuplés de poissons aux écailles molles; les dents des carnassiers sont devenues perçantes et coupantes. A mesure que les observateurs étudient les différences qui séparent les êtres, ils voient ces différences tantôt s'accentuer, tantôt s'atténuer ; soit que l'on regarde les caractères extérieurs, soit que l'on scrute les parties les plus intimes de l'organisation, on constate que dans la nature organique il n'y a pas de fixité absolue (1). Mais les conclusions restent toujours difficiles; dans plusieurs familles les changements sont si importants de la naissance à la vieillesse, que rien ne serait plus naturel que de placer les deux extrêmes non seulement dans des espèces différentes, mais souvent dans des genres différents et même dans des familles différentes. M. Alexandre Agassiz cite un exemple intéressant chez les oursins actuels (2). On pourrait en y joindre plusieurs autres.

Ces atténuations et ces accentuations, de quelque façon qu'elles se produisent, amènent souvent des résultats imprévus : « Ce qui excite surtout l'étonnement, disait M. A. Milne Edwards à l'Académie des Sciences (3), en racontant les dragages en mer profonde auxquels il venait d'assister, c'est l'infinie variété des formes zoologiques, qui rend souvent presqu'impossible l'application des classifications jusqu'ici les mieux établies. Souvent une espèce ne diffère des espèces voisines que par des nuances imper-

(1) Gaudry, *Fossiles secondaires*, p. 29.
(2) *Report on the Echini and star Fishes dredged in deep Water between Cuba and the Florida Reef.*
(3) Le 21 février 1881.

ceptibles; les types de transition abondent et l'on trouve de nombreux intermédiaires entre des groupes que l'on considérait jusqu'ici comme bien distincts. »

Si les études de M. Seudder tendent à établir une marche évolutive chez les insectes (1); si le genre Phrygane peut servir de trait d'union entre les Névroptères (éphémères) et les Lépidoptères (papillons et phalènes), les découvertes de M. Fayol donnent un éclatant démenti à la loi de progrès, base même des théories évolutionnistes. Les nombreux et gigantesques insectes trouvés à Commentry constituent un ordre spécial très supérieur, par la force et par la taille, aux insectes venus après eux (2). Ajoutons que, par leurs métamorphoses, les insectes présentent une objection bien forte aux théories. Personne n'a tenté d'expliquer le fait d'un être vivant, chez lequel la bouche est d'abord pourvue de mandibules, puis de suçoirs; c'est cependant ce que nous voyons chez les papillons (3).

Les Lacertiens nous amènent à une conclusion contraire. Ils offrent une série de types, dont les quatre pattes s'amoindrissent de plus en plus jusqu'à l'orvet qui n'a que des rudiments de membres cachés sous la peau et que la dissection seule révèle. Ce dernier type forme certainement une transition entre les lacertiens et les ophidiens complètement dépourvus de membres.

Les paléontologistes ne s'arrêtent pas dans la voie qu'ils ont si brillamment ouverte. Ils montrent avec complaisance des passages présumés non plus seulement entre les ordres, mais aussi entre les embranchements (4). Le

(1) Zittel, *Traité de Paléontologie*, trad. franç., t. I.

(2) Id., *ibid.*

(3) Lubbock, *Métamorphoses des Insectes*, trad. franç., p. 81.

(4) « Pouvons-nous aller plus loin ? demande M. Gaudry (*Fossiles secondaires*, p. 299). Trouvons-nous des preuves que dans un même embranchement, les animaux de classes différentes ont passé les uns aux autres? Je me suis déjà posé cette question dans le résumé de mon livre sur les êtres primaires, et j'ai dû répondre négativement. En étudiant les êtres secondaires, je m'adresse encore la même question et j'y réponds aussi négativement. » M. Gaudry semble donc limiter l'enchaînement, pour me servir du mot qu'il

Protopterus, poisson dypnoïque connu depuis une cinquantaine d'années environ, appartient à un groupe de transition entre les poissons et les amphibiens, et cela d'une manière si apparente que le naturaliste, qui le premier l'a fait connaître, le considérait comme un amphibiens. Les Dinosauriens, les uns carnassiers, les autres herbivores, ont diminué l'intervalle qui sépare les reptiles des oiseaux (1). Leurs restes pour la plupart, il est vrai, très fragmentés, ne peuvent être que difficilement reconnus, dit M. Marsh, de ceux des oiseaux qui se rencontrent dans les mêmes couches (2).

Dans un ordre d'idées analogue, sir Richard Owen rapporte que les Thériodontes, reptiles découverts dans le trias de l'Afrique australe, révèlent quelque tendance vers le type mammifère et, dès 1878, M. Gaudry admettait que certains cétacés tout au moins descendaient d'animaux terrestres (3). Dans un autre ouvrage (4), il est plus explicite encore. « La vie des vertébrés, écrit-il, se serait d'abord développée sur les continents ; le vivifiant soleil aurait aidé leurs premières manifestations ; plusieurs des vertébrés à sang froid, aussi bien que les animaux à sang chaud, seraient partis de nos continents pour nager près du rivage, puis se lancer en pleine mer. » Plus tard encore,

affectionne ; mais en méditant les pages écrites avec son grand talent, il est évident qu'il attend de l'avenir les preuves destinées à compléter les théories qu'il défend et à découvrir des ancêtres encore inconnus qui rapprocheront les êtres en apparence les plus éloignés.

(1) Les rapports qui existent entre les membres postérieurs de plusieurs Dinosauriens et ceux des oiseaux, rapports mis en lumière par Huxley, sont des plus frappants. On les trouve dans le bassin, le fémur, le tibia, le tarse et les doigts. M. Gaudry ajoute plus loin : « Comme d'une part les Dinosauriens se rapprochent plus des oiseaux qu'aucun reptile actuel, et que d'autre part, ainsi que nous allons le voir, les oiseaux secondaires se rapprochent plus des reptiles qu'aucun oiseau actuel, nous pensons que les progrès de la science montreront les liens entre les ancêtres du type oiseau et ceux du type reptile. » *Fossiles secondaires*, pp. 226, 234, 245 et suiv.

(2) *Classification of the Dinosauria.* AMERIC. JOURN. OF SCIENCE, jan. 1882.

(3) *Mammifères tertiaires*, p. 32 et suiv.

(4) *Fossiles secondaires*, p. 201.

il rapprochera les mammifères des reptiles. « Peut-être, dira-t-il (1), quand on aura multiplié les recherches semblables à celles que M. Seeley fait sur les fossiles de l'Afrique australe, on reconnaîtra que le stade des mammifères n'est qu'un stade d'animaux perfectionnés qui ont été autrefois dans le stade reptile. »

Si les Dinosauriens ont quelques affinités avec les oiseaux (2), l'*Archæopterix* (3), d'autres oiseaux aux vertèbres biconcaves, au bec armé de dents coniques, provenant de la craie du Kansas, présentent à leur tour une certaine analogie avec les reptiles. Quelque paradoxal que cela puisse paraître au premier abord, dit M. Boule (4), on est autorisé à croire que les oiseaux sont des reptiles modifiés ; nous avons de nombreuses transitions entre le reptile le plus engourdi et l'oiseau le plus agile. Notre savant ami reconnaît bien que le processus de ces modifications si étranges est encore à trouver ; mais, ajoute-t-il, leur existence ne saurait guère être contestée. Elle ne le sera plus évidemment, quand les évolutionnistes nous auront fait connaître le processus qui les a amenées. Toute la question est là et, tant que cette preuve ne sera pas donnée, nous serons en droit de demander comment, de la ressemblance, de l'affinité si l'on veut, on peut conclure à la descendance. La même réponse s'applique aux naturalistes qui affectent de croire que les Monotrèmes, l'Ornythorinque au bec de canard, l'Echidné ou fourmilier

(1) *Paléontologie philosophique*, p. 198.

(2) « Plusieurs os des dinosauriens ont de grands rapports avec ceux des oiseaux ; mais à côté des ressemblances, il y a des différences trop considérables pour oser affirmer que les oiseaux ont passé par l'état de dinosauriens. » Gaudry, *Fossiles secondaires*, p. 300.

(3) L'Archæopterix a des plumes comme les oiseaux ; mais au lieu de croupion, il a une queue garnie de vingt-et-une vertèbres portant à chaque articulation une paire de plumes. Il a des ailes, mais des ailes terminées par trois doigts libres munis d'ongles. Il a un bec, mais un bec avec des dents rappelant celles des reptiles.

(4) REV. SCIENT., 28 fév. 1891.

combleront quelque peu la profonde lacune entre les mammifères et les oiseaux (1).

Les Américains sont plus aventureux encore que nos savants. Le professeur Cope que la science vient malheureusement de perdre, groupant tous les ossements recueillis dans l'éocène de l'Amérique du Nord, prétendait en tirer un ordre nouveau, les Condylarthrés (2). Les Condylarthrés, dit-il, ont donné naissance aux proboscidiens et aux édentés, aux rongeurs et aux simiens, aux carnassiers et aux lémuriens. Quant aux ancêtres de ces puissants progéniteurs, Cope n'a pas réussi à les découvrir; il les croit des marsupiaux précédés eux-mêmes par des monotrèmes (3).

Ces faits, bien d'autres que l'on pourrait citer, sont troublants, je l'ai déjà remarqué et je ne puis que le répéter. Mais en les étudiant, il convient de ne pas oublier les objections faciles à leur opposer. Si l'évolution est la loi qui régit la vie dans la plus large acception du mot, la vie végétale comme la vie animale, elle ne peut être qu'une loi générale embrassant tous les êtres qui ont habité ou qui habitent le globe, s'étendant à tous les temps et à toutes les régions. Or dans les temps actuels, comme dans les temps préhistoriques, aussi haut que nous pouvons remonter, nous ne voyons aucune trace de l'évolution, aucune espèce, aucun genre, à plus forte raison aucun ordre en voie de formation; et nous pouvons dire que les espèces quaternaires qui ont encore des représentants parmi nous n'ont pas éprouvé de modification organique qui autorise l'idée d'une transformation du type spécifique. Dans les temps géologiques eux-mêmes, combien est-il

(1) Moseley, *On the ova of Monotrems*. BRITISH ASS., Montreal, 1884 O Thomas, *Dentition of Ornythorincus*.

(2) *The Condylarthra*, AMERIC NATURALIST, Aug.-Sept. 1884.—*The Origin of Man and other vertebrates*, POPULAR SCIENCE MONTHLY, 1886.

(3) On a vu à l'exposition de 1889 le moule du *Phenacodus*, le représentant d'un des genres de l'ordre des Condylarthrés.

d'êtres qui échappent à cette loi, qu'on nous dit et qui doit, en effet, être fondamentale ?

Je ne connais dans la science, où il est un maître incontesté, que M. Gaudry qui puisse réfuter M. Gaudry. N'est-ce pas lui qui, dans son beau livre sur les *Fossiles secondaires*, nous dit (1) : « L'histoire des types à travers l'immensité des âges a une grandeur qui captive. Ils ont eu des destinées différentes. Quelques-uns ont à peine changé ; ils ont assisté impassibles aux diverses révolutions. On peut les appeler *types permanents* ou *types panchroniques*, puisqu'ils appartiennent à tous les temps. D'autres types se sont légèrement modifiés et ensuite sont revenus à leur point de départ. J'ai dit qu'ils méritent le nom de *types élastiques*. On les trouve surtout parmi les êtres inférieurs. »

M. Gaudry cite un brachiopode, la *Rynchonella*, parmi ces types élastiques. Lorsque le bassin des mers se modifiait, la Rynchonella se modifiait aussi ; quand la mer revenait à son premier état, la Rynchonella retrouvait également le sien ; grâce à la facilité avec laquelle elle s'accommodait aux changements, elle a passé saine et sauve à travers les ruines du monde.

Parmi les créatures découvertes dans les couches profondes du globe, figure un *Lingula*. Il est si commun dans les assises supérieures du cambrien du pays de Galles, qu'on lui donne le nom de *Lingula Flats*. Ce lingula s'est continué jusqu'à nous depuis les temps primaires, sans changement notable (2).

Les foraminifères secondaires ressemblent à ceux de l'époque actuelle, et certaines espèces que nous voyons déjà au crétacé existent encore dans l'Atlantique. Plusieurs genres actuels de polypes vivaient durant la période jurassique ; ils construisaient il y a plus de 70 000 ans, dit

(1) P. 293.
(2) Gaudry, *Fossiles primaires*, p. 117.

Agassiz, des récifs semblables aux récifs qu'ils construisent aujourd'hui.

Les enveloppes chitineuses des insectes se conservent indéfiniment dans des milieux résineux. On rencontre dans ces milieux des fourmis tertiaires semblables aux fourmis actuelles (1).

Les poissons cartilagineux se retrouvent rarement à l'état fossile. Il en existe cependant, dit M. Gaudry (2), et on a pu recueillir quelques squelettes entiers. Parmi eux, il s'en trouve dont certaines parties ont une extrême ressemblance avec nos raies et nos rhinobates.

Il y a eu dans les mers secondaires, des crinoïdes, des étoiles de mer du même genre que les animaux de nos océans. Les spongiaires fossiles se rattachent aux spongiaires actuels (3). Les tortues se sont maintenues avec de très légères modifications. Les nautilidés ont eu leur règne pendant l'ère primaire et *Nautilus* vit encore (4). Si quelques brachiopodes secondaires sont différents des brachiopodes primaires, M. Baudoin a recueilli dans les terrains alluvionnaires de la Côte d'Or, au milieu des ossements du mammouth, treize espèces de gastéropodes appartenant aux espèces terrestres. Douze vivent encore dans les mêmes localités (5).

Ces faits, d'autres que nous pourrions ajouter, justifient les conclusions de M. de Lapparent (6). Il montre dans le monde actuel des types presque identiques à ceux des premiers âges géologiques, vivant à côté d'autres dont les périodes même les plus voisines de la nôtre semblent n'avoir connu aucun précurseur. D'autres fois, continue-t-il, c'est l'inverse et certaines couches de terrain offrent, à côté d'espèces dont il est facile de reconnaître aujourd'hui les

(1) REV. DES QUEST. SCIENT., oct. 1893, p. 585.
(2) *Fossiles secondaires*, pp. 296, 297.
(3) Zittel, *Traité de Paléontologie*, trad. franç., t. I, p. 14.
(4) Gaudry, *Paléontologie philosophique*, p. 196.
(5) Quatrefages, *Darwin et ses précurseurs*.
(6) *Du rôle du temps dans la Nature*, REV. QUEST. SCIENT., avril 1885.

congénères, des combinaisons organiques dont la nature actuelle n'a gardé aucun souvenir.

Ces ressemblances et ces différences jettent dans une profonde hésitation ceux dont l'unique souci est la recherche de la vérité. Sans me rallier aux théories par trop générales que l'on prétend déduire des affinités entre les espèces ; sans accepter que, parce que tel oiseau a un bec armé de dents ou que tel mammifère est ovipare, ils descendent d'ancêtres communs, il est impossible de méconnaître les enseignements que la géologie et la paléontologie apportent. A moins de rejeter tout ce que la science nous apprend, il faut bien admettre que les espèces géologiques ont paru sur le globe à des époques différentes.

Comment sont-elles apparues ? Est-ce par des créations répétées ? Est-ce par des transformations successives ? Tel est le problème qui se pose et que nous avons nous-même posé en commençant ce travail.

Il est difficile de ne pas admettre certains enchaînements entre les êtres si nombreux et si divers qui peuplaient la terre en ces âges d'une incalculable durée. D'autres, au contraire, paraissent et se maintiennent complètement isolés. Ne peut-on pas supposer qu'au début de son œuvre, le Créateur a doué quelques-uns des êtres sortis de sa main d'une puissance de modification, d'une plasticité, comme l'appelle M. Gaudry, se développant dans l'immensité des temps, sous l'empire de lois que nous ignorons, de circonstances que nous ne pouvons dire, atteignant parfois des limites extrêmes par des changements lents et imperceptibles et se continuant de génération en génération, jusqu'à l'accomplissement d'immuables desseins qu'il n'est pas donné à l'homme de pénétrer ? Cette puissance ne peut-elle se comparer à la loi de croissance qui régit tous les êtres et qui cesse d'agir, lorsque la limite inconnue de tous est atteinte (1) ? C'est là, semble-

(1) Ce n'est pas seulement la taille à laquelle chaque individu du règne

t-il, une conception plus religieuse que de supposer le Tout-Puissant procédant par des créations brusques et successives (1), remaniant et modifiant sans cesse son œuvre à travers le temps et à travers l'espace. Mais en admettant à titre d'hypothèse que les premiers êtres ont été doués de cette puissance de transformation, il faut ajouter que nous sommes dans la plus complète ignorance des lois qui ont dû la régir. Ce n'est point là un fait exceptionnel. « Nous avons le sentiment des lois de la nature, disait Claude Bernard (2), nous n'en connaissons pas la forme. »

Déjà, cependant, quelques points se dégagent : ainsi, il est difficile de voir avec l'école évolutionniste une progression continue chez les êtres, un développement uniforme chez les espèces et cela durant toute la longueur des temps. Vogt (3) montre une foule de séries débutant par les types les plus élevés. Il appuie cette conclusion par des observations nombreuses, empruntées aussi bien à l'embryologie qu'à la paléontologie, faites sur les mollusques, les crustacés, les rayonnés comme sur les mammifères. Huxley (4) avait dit avant Vogt qu'aucune théorie indiquant un développement nécessairement progressif ne pouvait se défendre. Comment, d'ailleurs, expliquer avec cette progression, que ce soient presque toujours les

végétal comme du règne animal arrive progressivement, qui peut servir d'exemple. La barbe, si l'homme la laisse pousser, arrive à une longueur, variable chez chacun, qu'elle ne peut dépasser. Cette longueur atteinte, la croissance s'arrête ; aussitôt si l'homme se rase, la croissance momentanément suspendue reprendra toute son énergie pour s'arrêter à nouveau, quand la barbe aura acquis une longueur égale à la première. Il en est de même des cheveux, du poil ou de la laine des animaux. Qu'on cesse de tondre les moutons au printemps, la laine ne grandira plus ; dès la tonte, au contraire, la croissance, puissance latente, reprend toute son activité.

(1) A Madère, pour citer un seul exemple, on constate 150 mollusques d'espèces différentes. Peut-on admettre pour ces mollusques 150 créations ?

(2) Cité par Caro, *Souvenirs d'un enseignement à la Sorbonne*, REV. DES DEUX MONDES, 15 décembre 1883.

(3) *Quelques Hérésies darwinistes*, REV. SCIENT. 1886.

(4) *Lay Sermons*, p. 193.

espèces les plus fortes, les mieux douées qui disparaissent les premières? Si ce que l'on a appelé la lutte pour la vie avait été la cause principale de la destruction ou de la survivance, il semble que les plus aptes auraient seules persisté. Il en est tout autrement. « Les gigantesques *Pterygotus*, observe M. Perrier (1), ont disparu, tandis que les insectes pullulent; les énormes *Orthocères*, les puissants *Ancyloceras* sont anéantis, tandis que les poulpes subsistent; les *Alantosauriens*, les *Iguanodons* aux proportions colossales ont laissé la place aux oiseaux et aux mammifères de bien plus modestes dimensions et, parmi ces derniers, on voit s'éteindre d'abord les géants. » Le Dinotherium, un des plus puissants mammifères connus, paraît un instant pour disparaître presqu'aussitôt. Le Machairodus, le carnassier le plus redoutable des temps quaternaires, disparaît non moins rapidement; nous ne leur voyons ni ancêtres, ni descendants. Il en est de même pour l'Ichtyosaure avec ses dents pointues, son cou raccourci, son corps massif, sa peau nue, ses pattes de devant en forme de rames (2). Les reptiles volants finissent brusquement en Europe comme en Amérique, lorsqu'ils ont atteint leur plus grande puissance. Que sont devenus ces Sauriens si caractéristiques de leur époque? Qu'ils aient vécu sur les continents, qu'ils aient nagé dans les eaux, qu'ils aient volé dans les airs, la vie s'est éteinte pour eux, nul être ne les rappelle et leurs seuls ossements attestent leur passage sur la terre!

En 1882, M. Marsh découvrait dans un bassin lacustre du Wyoming, sur une surface s'étendant sur les deux rives du Green River et mesurant environ 160 kilomètres dans sa plus grande largeur, les restes de deux cents individus appartenant à plusieurs familles différentes qu'il range dans un même ordre auquel il propose de donner

(1) *Le Transformisme*, p. 330.
(2) Gaudry, *Fossiles secondaires*, p. 184 et suiv.

de puissants microscopes, porte en lui, dans une mesure que nous ne savons dire, non seulement les qualités physiques et morales du père, mais encore celles de nombreux ancêtres connus et inconnus. Puis, dès que la cellule primordiale a reçu l'incitation fécondante, les cellules embryonnaires se scindent, se subdivisent, se condensent et forment des muscles, des tissus, des artères, des viscères, sans que nous puissions dire les forces qui agissent, l'initiative qui opère (1). Les savants espèrent-ils rendre compte de la vie, a-t-on demandé avec raison, quand ils ont disséqué un cadavre, ou de la pensée, quand ils ont décrit l'association des idées ? Plus de modestie serait de mise, car plus la science progresse, plus nous sentons que le fond des choses échappe à nos investigations et moins nous sommes disposés à accepter les conclusions émises par certains savants avec un si orgueilleux dogmatisme (2). « Je ne sais rien de plus contraire à la science, de moins favorable au progrès, disait M. Dawson (3), président de l'Association américaine pour l'avancement des Sciences, que la promulgation de doctrines dogmatiques, comme celles que l'on prétend nous imposer. »

Quelles sont les conclusions que comporte ce travail ? Il en est deux qui restent, semble-t-il, irréfutables. Entre l'animal et l'homme, au point de vue physique comme au point de vue moral, nous ne voyons aucune assimilation possible, aucun intermédiaire possible. Quant à l'évolution, si elle existe, elle n'est une loi générale ni pour

plètement chez les êtres organisés. Sicard, *Éléments de Zoologie*, p. 79, fig. 65. C'est encore là un fait qui, je le répète, vient à l'encontre des théories transformistes.

(1) « Considered fundamentally, disait Tyndall, it is by the operation of an insoluble mystery, that life is evolved species differentiated and mind unfolded from their prepotent elements in the unmeasurable past. »

(2) « Organiser scientifiquement le monde, tel est le dernier mot de la science, telle est son ambitieuse mais légitime prétention. » Renan, *Avenir de la Science*, p. 37.

(3) Session tenue à Minneapolis (Minnesota) en 1883.

tous les temps, ni pour toutes les espèces et je ne puis que répéter une comparaison que j'ai déjà faite et qui rend exactement ma pensée. Le Jury en Écosse, outre la réponse habituelle, coupable ou non coupable, a le droit d'en émettre une troisième *not proven*, cela n'est pas prouvé, cela pourra l'être un jour, je ne prétends pas y contredire ; actuellement, en présence des faits acquis, des révélations de la science, nous ne voulons rien nier ; mais je me hâte d'ajouter, nous ne voulons non plus rien affirmer.

Une autre conclusion est plus simple ; nous l'avons dit en commençant. L'inconnu, le redoutable inconnu nous enveloppe de toutes parts ; nous avons rejeté, probablement avec raison, les affirmations de nos devanciers ; prenons garde que nos successeurs ne rejettent à leur tour les affirmations acceptées avec un si visible engouement et qui ne reposent presque toujours que sur des hypothèses plus ou moins plausibles qui restent encore à prouver (1).

Mis DE NADAILLAC.

(1) Citons, en finissant, une magnifique page d'un illustre savant, M. Faye; elle répond trop à mes propres aspirations pour que je ne la reproduise pas avec une vive satisfaction. « Il y a autre chose que les objets terrestres, s'écrie-t-il, autre chose que notre propre corps, autre chose que les astres splendides, il y a l'intelligence et la pensée. Et comme notre intelligence ne s'est pas faite elle-même, il doit exister dans le monde une intelligence supérieure, d'où la nôtre dérive. Dès lors, plus l'idée qu'on se fera de cette intelligence suprême sera grande, plus elle approchera de la vérité. Nous ne risquerons pas de nous tromper en reportant à elle ces splendeurs des cieux qui ont éveillé notre pensée, en croyant que nous ne lui sommes ni étrangers, ni indifférents et finalement nous sommes préparés à accepter la formule traditionnelle : Dieu, Père tout-puissant, Créateur du ciel et de la terre. » *L'Origine du Monde.*

VUES NOUVELLES

SUR

LA PLANÈTE MARS [1]

Depuis quelque temps, l'attention du monde astronomique semble tout entière portée sur la planète Mars. C'est avec une impatience toujours croissante qu'on attend ses oppositions. Chaque jour alors, de nouveaux dessins viennent compléter la série déjà nombreuse de ceux que nous avons. Des chercheurs infatigables se lèvent de tous côtés, les observatoires se multiplient pour arriver à déchiffrer ce monde énigmatique et bizarre.

Cette terre mystérieuse serait-elle sur le point de nous livrer ses secrets, ou bien faudra-t-il rester longtemps encore dans l'incertitude ? Quel sens faut-il attribuer aux éléments des cartes géographiques que les astronomes nous donnent de cette planète ? A-t-elle réellement des neiges polaires, des mers, des continents, des canaux ? Est-il vrai que ces canaux étranges se dédoublent à certaines époques ? La géologie peut-elle nous renseigner sur ce monde voisin ? La vie est-elle apparue là-bas ? Telles sont les questions que nous voudrions aborder aujourd'hui. Sans vouloir espérer les résoudre, nous pouvons dire qu'un essai d'explication semble pouvoir être tenté dès maintenant, grâce aux travaux de M. Antoniadi, aux recherches cosmogoniques ainsi qu'aux aperçus nouveaux

(1) Conférence faite à la *Société Astronomique de France* (Paris, 4 mai 1898).

de M. du Ligondès, et à quelques recherches personnelles entreprises récemment à ce sujet.

I

Bien que Mars ne soit pas très éloigné de la Terre, on peut dire que son étude, au point de vue géographique et physique, est une des plus difficiles que puisse tenter l'astronome. Il ne faut pas compter sur le merveilleux emploi de la photographie qui semble, en cette circonstance, impuissante à résoudre le problème. C'est à l'observation seule que nous en sommes réduits et cette observation n'est pas chose aisée. Le disque de la planète est, en effet, fort petit et aux oppositions périhéliques; alors que Mars est à 14 millions de lieues seulement (deux fois et demie plus près que le Soleil), son diamètre apparent ne sous-tend qu'un angle de 25 secondes environ. C'est ce cercle de 25″ qu'il faut dessiner, l'œil à la lunette, attentif à noter les moindres détails, attendant qu'une définition assez bonne permette de dire avec quelque certitude qu'à tel ou tel endroit on a pu apercevoir une tache sombre, à tel autre un trait estompé, ici une teinte verte, là une teinte rougeâtre, etc.

Ceux qui n'ont jamais fait d'études astronomiques ne peuvent se douter de la patience que réclame l'observation attentive des planètes en général; et ceux même qui sont familiarisés avec les études de la Lune, du Soleil et de Jupiter, éprouvent de grandes difficultés la première fois qu'ils observent la planète Mars.

Le grand public qui s'intéresse à l'astronomie, trompé souvent par les affirmations les plus fantaisistes, semble avoir une prédilection marquée pour notre voisine du ciel. On lui a dit que Mars a des mers et des canaux, une atmosphère comme la nôtre. C'en est assez pour que, l'imagination aidant, on crée de toutes pièces des habi-

tants aux formes variées. N'a-t-on pas fait courir le bruit, dans une des dernières oppositions, que ces habitants nous lançaient à travers l'espace des signaux de feu, seules poignées de mains possibles échangées dans une rencontre de deux mondes séparés par le mince intervalle de 15 millions de lieues seulement ?

Laissons aux romanciers de l'astronomie et aux successeurs de Fontenelle ces affirmations bizarres. Ce que l'on devrait dire, *ce qui est absolument certain*, c'est que nous apercevons sur Mars des taches sombres et des taches claires. Pendant l'hiver de l'un des hémisphères, la tache blanche polaire se comporte comme une calotte de neige que la chaleur du printemps et de l'été ne tarde pas à dissiper. Les autres taches claires, surtout dans les régions équatoriales, prennent une teinte rougeâtre, tandis que les espaces sombres affectent des nuances variables, depuis le gris de fer jusqu'au ton bleu-vert foncé.

Les premiers observateurs ont donné à ces espaces sombres le nom de *mers*, dénomination qui prévaut encore aujourd'hui, sans qu'on soit autorisé cependant à dire si ces mers sont des mers véritables qui contiennent de l'eau.

Les espaces clairs autres que les calottes polaires, dans l'hypothèse des mers martiennes, doivent être des continents ; et, comme ils sont sillonnés de raies sombres, régulières, de même couleur que les mers, on eut vite conclu qu'on avait devant les yeux d'immenses *canaux* pleins d'eau reliant entre elles toutes les mers de la planète.

Ces canaux ainsi conçus, quoique absolument hypothétiques, confirmèrent de bonne heure l'existence d'une race martienne, mieux douée que la nôtre à tous les points de vue. N'avait-elle pas d'ailleurs le privilège d'être notre aînée, Mars étant, d'après certaines hypothèses cosmogoniques, bien plus ancien que la Terre ?

Les choses en étaient là, lorsque, en 1888, M. Schiaparelli, l'éminent astronome italien auquel on doit les détails les plus précis sur l'*aréographie*, publia de nouveaux résultats.

Avec son réseau de traits sombres alignés au cordeau et tracés comme les rues d'une ville américaine, Mars était de beaucoup la plus intéressante de toutes les planètes; les observations de M. Schiaparelli en firent le monde le plus étrange qu'on puisse imaginer.

A certaines époques les canaux semblaient se dédoubler. A la place où la veille vous aviez vu un trait sombre, vous constatiez la présence de deux lignes parallèles à 100 ou 200 kilomètres de distance l'une de l'autre (1). Séparées par un intervalle plus ou moins clair, avec estompage près des nouveaux canaux, ces lignes doubles se continuaient ainsi sur des espaces de plusieurs milliers de kilomètres.

Voici, d'ailleurs, comment s'exprimait M. Schiaparelli à cette époque : « En peu de jours (ou peut-être d'heures), par un procédé de transformation dont le détail a échappé jusqu'à présent, il (le canal) se présente doublé et composé de deux bandes très voisines entre elles, ordinairement égales et parallèles, le cas d'une légère divergence ou d'une différence d'épaisseur étant assez rare. Dans plusieurs cas, il a été possible de constater, par la comparaison minutieuse avec les détails environnants, que l'une des deux bandes a conservé (exactement ou à peu près) l'emplacement du canal primitif. Mais dernièrement, en 1888, j'ai pu me convaincre que cette règle n'est pas générale, et *il peut arriver que ni l'une ni l'autre des nouvelles formations ne coïncident avec l'ancien canal* (2). »

Depuis, M. Schiaparelli constata de nombreux dédoublements et les astronomes confirmèrent ces étranges apparitions.

Certains canaux cependant se montrèrent toujours

(1) M. Schiaparelli a pu voir certains canaux se dédoubler de 15 degrés, ce qui mettait les deux lignes parallèles à 800 kilomètres l'une de l'autre environ !

(2) Cf. HIMMEL UND ERDE. 1888. — L'ASTRONOMIE, janvier, février, mars et avril 1889 (F.) *Schiaparelli*.

rebelles à la gémination ; d'autres s'élargirent seulement, formant alors une ligne pâle, estompée et confuse.

C'est le propre d'un esprit véritablement scientifique de chercher derrière les phénomènes les causes obscures qui les ont fait naître, et de relier entre eux les faits qui semblent les plus disparates pour en former un tout complet.

Les esprits cherchèrent donc à édifier des hypothèses qui pussent rendre compte des dernières particularités de la constitution physique de Mars. Le dédoublement des canaux surtout parut intriguer les chercheurs, et plusieurs savants éminents ne craignirent pas d'imaginer des hypothèses sur la *gémination*. Quelques-unes même étaient à peine sérieuses. N'avait-on pas dit et lancé dans le public que ces canaux étaient creusés par des êtres intelligents qui, au moment des inondations, ouvraient de larges écluses et savaient, par d'habiles drainages, changer le plus terrible des fléaux en une rosée bienfaisante? Écoutez à ce propos les réflexions très intéressantes de mon ami M. le colonel du Ligondès : « Lorsqu'on eut constaté que ces canaux, d'abord à peine visibles, paraissaient s'élargir démesurément, puis se dédoubler, formant chacun deux lignes sombres parallèles, réunies par une demi-teinte légèrement estompée, l'imagination se donna libre cours. Mars fut aussitôt doté d'une population aussi intelligente que laborieuse, dont tous les efforts, concentrés vers un but agricole ou industriel, avaient réalisé sur la planète entière un système d'irrigation double, surpassant de beaucoup celui que, pour la seule vallée du Rhône, les habitants de la terre, divisés par leurs intérêts ou absorbés par leurs préoccupations politiques et militaires, sont impuissants à mener à bonne fin. On y voyait un corps d'ingénieurs savants, habiles à manier le niveau, qui, par un jeu d'écluses judicieusement combinées, distribuaient sur toute la surface de la planète, au fur et à mesure des besoins, l'eau nécessaire à la fertilisation du sol ou à la navigation, sans que jamais cette eau, rompant ses digues,

n'allât porter chez les riverains épouvantés, au lieu de la richesse attendue, la désolation et la mort. Pour les habitants de Mars, vivant sous une administration honnête et désintéressée, le percement d'un isthme était jeu d'enfant, et les capitaux recueillis dans le but de développer et d'étendre le commerce n'étaient pas détournés au profit d'une spéculation éhontée. Mars, enfin, était représenté aux yeux du public crédule comme un monde plus ancien que la Terre, et, partant, plus avancé dans la voie du progrès, séjour enchanteur où fleurissaient, dans une paix perpétuelle, l'agriculture, l'industrie et tous les bienfaits de la civilisation. *O fortunatos nimium...* »

L'hypothèse qui dans le monde scientifique sembla jouir, jusqu'à ce moment, de la plus grande faveur est celle proposée par M. Stanislas Meunier. Elle s'appuie sur une expérience facile à réaliser. Si l'on enveloppe d'une mousseline un globe poli sur lequel on a préalablement tracé des lignes sombres, ces « canaux » sous certains éclairements apparaissent nettement doubles. Sur Mars, la brume s'étendant au-dessus des continents remplacerait la mousseline. Malheureusement, tout ingénieuse qu'elle est, cette théorie est en désaccord avec les faits les mieux constatés. C'est le cas de dire avec M. Antoniadi, le savant directeur de la Section de Mars à la *British astronomical Association* : « S'il y avait deux lignes d'égale intensité (les deux composantes d'un canal double), nous voudrions savoir comment tel observateur expérimenté n'en voit qu'une, tandis que tel autre les voit toutes les deux ! En 1886, M. Schiaparelli voyait les canaux Euphrates, Orontes, Phison et Jamuna toujours simples, tandis qu'à Nice, MM. Perrotin et Thollon les voyaient *nettement doubles*. »

Nous ajouterons qu'en soumettant cette hypothèse au calcul, ce que l'on aurait dû faire tout d'abord, on arrive immédiatement à la conclusion qu'elle est inadmissible. Aux oppositions périhéliques, par exemple, si l'on admet la théorie de M. Stanislas Meunier, la ligne parasite

formée par l'image réfléchie d'un canal devrait se rapprocher *dans une même nuit* de l'image réelle ; l'écartement étant maximum à 0,707 du centre (le rayon de la planète étant 1) pour devenir nul au méridien central et repasser ensuite par les mêmes valeurs. Dans les conditions les plus favorables pour la théorie dont nous parlons, alors que Mars présente une forme gibbeuse, l'écartement des deux lignes ne saurait avoir lieu au centre ainsi qu'on a voulu le dire, mais à une distance de sin 21° = 0,358. Or, jamais astronome n'a constaté de pareils faits.

Tout dernièrement, dans une communication à la *British astronomical Association*, mon ami M. Antoniadi lançait une hypothèse plus sérieuse. Il l'a exposée dans une des dernières séances de la *Société astronomique de France ;* mais, pour l'intelligence de ce qui doit suivre, je demanderai la permission au jeune astronome de résumer en quelques lignes son ingénieuse théorie du caractère optique des géminations.

Un réseau de lignes fines, vu dans une lunette non mise au point, donne des aspects analogues aux dessins de Mars sur lesquels nous voyons des dédoublements. Or, nous savons depuis longtemps qu'un tel réseau de lignes existe sur cette planète ; il doit donc donner lieu à des dédoublements, toutes les fois qu'il y a erreur de mise au point. Ajoutons à cela qu'il n'est pas douteux que dans un grand nombre de cas on ne puisse parvenir à mettre au point exactement. Étant données ces erreurs focales *nécessaires* le plus souvent, nous obtiendrons forcément des géminations. Dans ces conditions, M. Antoniadi pense qu'il y a une très haute probabilité pour que ces phénomènes soient purement subjectifs, en d'autres termes, pour qu'ils ne correspondent pas à des dédoublements réels.

Quelle que soit la valeur de cette hypothèse ainsi énoncée, tout astronome sérieux pourra dire que, *a priori*, elle paraît plus vraisemblable que le fait de la gémination réelle. « On s'imagine mal, ainsi que me le disait M. Anto-

niadi, un grand fleuve comme la Seine, par exemple, disparaissant pour faire place à deux bandes parallèles dirigées de la Somme à Strasbourg et de Cherbourg à Troyes, en laissant tout le pays intermédiaire dans un état d'estompage confus ! »

Dès que je connus l'hypothèse de M. Antoniadi, j'entrepris toute une série d'expériences pour la confirmer et donner, si possible, la dernière explication d'un phénomène à peine constaté jusqu'à ce moment. Je m'attachai donc à rechercher *comment des erreurs focales pouvaient donner lieu à des dédoublements*. Dès les premières expériences, je pus dédoubler à l'aide d'une lunette des lignes fines tracées sur un carton blanc. Il suffisait de faire varier

Fig. 1.

le point. Je me crus donc autorisé à chercher la cause de ces dédoublements dans la lunette elle-même. Le moyen de vérification était fort simple : il suffisait de remplacer l'œil par une plaque photographique adaptée derrière l'oculaire avec erreur de mise au point. Je n'obtins aucun dédoublement et le dessin que représente la figure 1 donne,

dans ces conditions, la figure 2 où les lignes sont tout simplement élargies et confuses.

Regardons maintenant cette même figure 1 avec la lunette et une mise au point défectueuse ; immédiatement la plupart des lignes se dédoublent et nous obtenons la figure 3 : c'est le dessin de Mars tracé par M. Schiaparelli, le 20 juin 1890.

On peut donc conclure que ces dédoublements tiennent

Fig. 2.

à l'œil même de l'observateur. Nous voilà donc en présence d'un problème d'optique physiologique que nous pouvons encore simplifier et ramener à celui-ci : On a remarqué depuis longtemps qu'une ligne vue à l'œil nu et à la distance de la vision non distincte, se dédouble pour la plupart des sujets, d'une façon absolument nette. Quelle est la cause de ce phénomène ?

Son étude est excessivement intéressante et cette question n'a pas encore, que je sache, été complètement élucidée.

On se méprendrait étrangement sur le fonctionnement

et l'organisation du cristallin, si on l'assimilait à une lentille biconvexe bien achromatique et d'égale densité dans toute la masse. L'écran rétinien n'étant pas mobile, le cristallin, pour nous permettre d'accommoder la vision, doit prendre différentes courbures. Mais il est obligé, pendant ces diverses transformations, de rester sensiblement achromatisé. Or, toutes ces conditions sont admirablement remplies par la structure même de sa masse.

Fig. 3.

Les derniers travaux anatomiques ont montré que le cristallin n'est pas une lentille dont les faces seraient des calottes sphériques. La section transversale se rapproche, pour la face antérieure, d'une ellipse et, pour la face postérieure, d'une parabole. De plus, le cristallin peut être considéré, au point de vue optique, comme composé d'un très grand nombre de couches concentriques à indice de réfraction d'autant plus grand qu'on approche davantage du centre. Helmholtz et Herman ont démontré que cette disposition feuilletée est d'une haute importance au point de vue dioptrique, et la densité qui croît lorsqu'on ap-

proche du centre, varie avec l'âge. Il résulte de tout ceci que le cristallin rappelle assez bien, par son aspect feuilleté, le bulbe de l'oignon. C'est une comparaison qu'ont faite bien souvent la plupart des physiologistes. La véritable structure du cristallin est cependant plus compliquée encore. Du centre de la face antérieure partent de nombreuses fibres dans toutes les directions. La réunion d'un grand nombre de ces fibres forme de véritables secteurs. Leur ensemble peut toujours se ramener au système hexagonal. Chez l'enfant, le nombre des secteurs est de trois pour chaque face, et, comme les méridiens ne se superposent pas, on a en tout six secteurs (fig. 4). Chacun des trois méridiens de la face antérieure

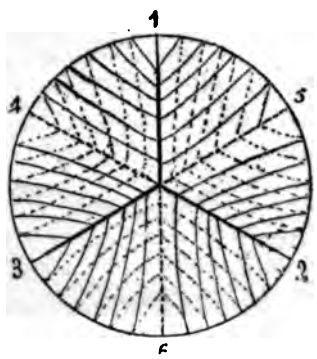


Fig. 4.

se bifurque dans la suite ; il en est de même dans la face postérieure. Le nombre des segments est alors de six pour chaque face ; puis les méridiens secondaires se subdivisent, ils finissent par s'élever jusqu'à dix, douze et quatorze.

Quelles sont les conséquences d'une pareille structure pour la vision ?

Si là encore nous comparions le cristallin à une lentille homogène, inorganique, suivant que notre œil serait plus ou moins accommodé, l'image d'un point mathématique sur notre rétine donnerait, ou un point, ou un cercle de diffusion, ou une ellipse même, dans le cas où le cône

oculaire serait coupé suivant une oblique à son axe. Mais, en raison de la structure du cristallin, il en va tout autrement.

Au XVIIe siècle déjà, le savant jésuite Deschales avait observé que le cercle de diffusion de l'appareil lenticulaire de l'œil ne saurait être comparé au cercle de diffusion constaté lors de l'aberration focale dans les lentilles inorganiques. Ce *cercle de diffusion* rétinien n'est ni un cercle, ni une ellipse, ni une autre figure simple et il faut déplorer ici, comme en bien d'autres cas, l'abus de termes impropres pour désigner un phénomène qui, à l'analyse, ne rappelle en rien le sens des mots qui doivent le caractériser. Ce cercle de diffusion est remplacé par un groupe d'images distribuées autour d'un centre à côté les unes des autres, empiétant même plus ou moins les unes sur les autres et dont l'une est souvent plus notable que ses voisines et attire davantage l'attention. Le mécanisme qui préside à ce phénomène est d'ailleurs bien connu aujourd'hui, grâce aux travaux des physiologistes de ce dernier siècle.

Helmholtz, Donders, Listing, Tweedy avaient déjà signalé les figures étoilées qui sont la conséquence de la structure du cristallin en secteurs séparés par des lignes rayonnantes. Giraud-Teulon, l'auteur si célèbre de *La Vision et ses anomalies*, a étudié de très près ce phénomène. Je ne puis mieux faire que de le citer textuellement.

« Dans l'œil, l'organe principal de la réfraction, celui qui est le moins homogène, le cristallin, ne se comporte pas comme une lentille inorganique, ce que font au contraire assez sensiblement la cornée, l'humeur aqueuse et le corps vitré. Le cristallin qui résume à son foyer, *en un seul point*, l'image d'un point éloigné suffisamment brillant comme le ferait et mieux que ne le fait une lentille inorganique, ne se comporte plus comme cette dernière lorsque l'écran (rétine) n'est plus au foyer. Cette dernière, en ce cas, remplace le point brillant par un cercle plus ou moins étendu. Le cristallin, au lieu d'un cercle proprement dit,

dessine plusieurs points analogues au précédent et disposés en couronne autour d'un centre plus ou moins obscur. Ces points sont en nombre égal aux secteurs du cristallin et découpés dans cet organe par les interstices hexagonaux si reconnaissables dans un cristallin un peu âgé qui commence à perdre de sa transparence. Chaque image ainsi produite est donc le foyer propre d'un des secteurs. Et tous ces foyers se concentrent en un à la distance de l'adaptation exacte, mais se forment séparément dans le cas contraire (1). »

Et ailleurs, revenant sur ce même sujet, Giraud-Teulon ajoute : « Ce phénomène est dû à la constitution du cristallin. Sa construction n'est pas homogène et repose sur le groupement par les sommets d'un certain nombre de secteurs se partageant le cercle suivant le système hexagonal, et donnant lieu chacun à une image propre. Au foyer, toutes ces images, égales d'ailleurs, se superposent. Mais elles ne se superposent et ne s'identifient qu'en ce point, et tout écran porté en deçà ou au delà dudit foyer fait apparaître chacune d'elles séparée. Le myope accuse spontanément ce mécanisme dioptrique propre au cristallin quand il se plaint, ce qui est constant chez lui, de voir plusieurs cornes au croissant de la lune ou même souvent plusieurs lunes. On comprend alors à merveille que le clignement réduise ces images à deux, qui, appartenant au même méridien ou aux deux secteurs les plus opposés, chevauchent mutuellement moins que toutes les autres (2). »

L'image d'un point noir fournie par un cristallin d'enfant doit donc donner quelque chose comme la figure 5, chacun des six points de l'image correspondant à l'un des six secteurs du cristallin. Chez l'adulte, en raison du plus grand nombre des secteurs, on obtiendra une série de points très rapprochés disposés circulairement. On peut

(1) Voir art. *Mydriase*, par Giraud-Teulon. DICT. ENCYCLOP. DES SCIENCES MÉDICALES de A. Dechambre, 2e série, t. XI, p. 209.

(2) *Op. cit.*, t. XI, p. 262.

donc, sans erreur sensible, représenter l'image formée par la réunion de tous ces points par une couronne dont la régularité dépend de la conformation particulière de chaque cristallin (fig. 6).

Cette multiplicité des foyers devient très évidente dans les deux expériences suivantes. Il suffit de regarder à la distance de la vision non distincte, ou un point noir très petit, tracé sur un fond blanc, ou une petite circonférence de 3 millimètres de diamètre. Dans le premier cas, on verra apparaître une série de points disposés circulaire-

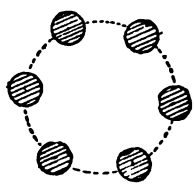


Fig. 5.

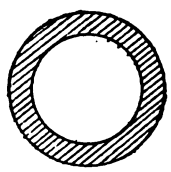


Fig. 6.

Fig. 7.

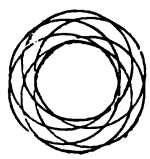


Fig. 8.

ment et dont l'un sera plus apparent (1). Dans le second cas, on aura une figure analogue à la figure 8 qui représente un enchevêtrement de circonférences dont chacune est fournie par un secteur du cristallin.

En faisant varier l'accommodation, les cercles se rapprocheront et nous verrons apparaître un point noir au milieu.

Ces principes admis, il est facile de dire *a priori* les aspects fournis par une ligne fine et noire tracée sur fond blanc. La ligne étant une série de points, chacun d'eux fournira une image sextuple s'il s'agit d'un cristallin d'enfant, et une couronne de diffusion s'il s'agit d'un adulte. Nous aurons alors dans le premier cas une figure analogue

(1) Toutes ces figures (à part la fig. 7) sont absolument schématiques. En réalité, le cristallin donne des figures beaucoup plus compliquées, en raison des défauts inhérents à chaque œil. Ainsi mon œil gauche, affecté de 1 dioptrie 1/4 d'astigmatisme, me donne comme image d'un point noir la figure 7.

à la figure 9, où tous les points sont rangés sur quatre lignes, et dans le second cas deux lignes noires séparées par un intervalle sombre se dégradant des deux bords vers le centre (fig. 10) (1). Quelquefois, surtout dans le cas d'une ligne fine, on obtient une série de lignes parallèles en nombre considérable. Le plus souvent cependant,

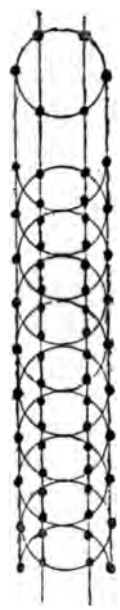


Fig. 9.

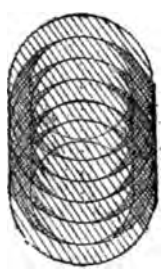


Fig. 10.

si la ligne offre une épaisseur assez grande (ou mieux, un diamètre apparent suffisant), on obtient un réel dédoublement. Si les lignes augmentent en épaisseur, tous les points centraux forment des couronnes qui se superposent, et on obtient, non un dédoublement, mais un estompage sur les bords.

Enfin nous aurons à peu près étudié tous les cas, si nous ajoutons que le ton fait varier la facilité du dédou-

(1) C'est exactement ce que l'on observe et ce qu'a remarqué M. Schiaparelli, lors du dédoublement des canaux de la planète Mars.

blement, une ligne foncée se dédoublant mieux qu'une ligne claire.

Ces faits suffisent amplement à justifier la « gémination sélective » des canaux de Mars.

Tels sont les phénomènes qui se présentent lorsque l'on observe à l'œil nu. Avec la lunette les faits changent peu ; ils sont cependant amplifiés et on peut les étudier plus facilement. Les lignes fines se dédoublent d'une façon très nette dans toutes les directions. Les lignes avec points noirs plus gros figurant les prétendus *lacs* de Mars (fig. 11) se dédoublent aussi, mais les lacs eux-mêmes ne donnent aucune gémination. En enfonçant peu à peu le tube porte-oculaire, on obtient successivement les figures 12 et 13.

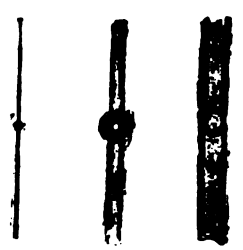


Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13.

Tout ceci est d'ailleurs conforme à la théorie. Nous sommes encore loin cependant des figures obtenues par M. Antoniadi et qui donnent les véritables aspects observés par M. Schiaparelli et divers autres astronomes.

C'est que, pour obtenir des dédoublements à la fois nets et complets, il faut faire intervenir *un autre facteur* qui n'est jamais négligeable.

Les expériences changent, en effet, suivant qu'on observe dans un endroit soustrait aux agitations de l'atmosphère ou qu'on le fait en plein air. Alors que dans le premier cas il faut des erreurs de mise au point considérables (2 ou 3 millimètres quelquefois, pour obtenir un réel dédoublement), dans le second cas, il suffit d'erreurs

de deux ou trois dixièmes de millimètre seulement. Lorsque l'atmosphère était très agitée, je pouvais parfois obtenir des géminations complètes (lignes avec points plus gros) au moyen d'erreurs focales de 1 dixième de millimètre. Le même jour, avec des lignes noires très fines et de forts grossissements, je ne pus parvenir à mettre au point ; les lignes se dédoublaient constamment.

Tous ceux qui ont observé savent qu'il est bien difficile d'obtenir de très bonnes définitions. Ceci tient à deux causes qui n'ont pas toujours été assez mises en relief. La première, c'est que l'agitation des couches d'air dans les régions supérieures n'est jamais nulle. La densité du milieu atmosphérique change donc à chaque instant. Dans ces conditions, il est absolument impossible de mettre au point d'une façon exacte ; il se produit ce que les Anglais appellent un *bouillonnement*. L'agitation des couches d'air cessant, la lunette qu'on a dérangée n'est plus au point. De là, les dédoublements observés. Enfin, cette agitation fait quelquefois varier l'emplacement de la ligne noire, et l'œil, voyant les deux positions extrêmes, croit à un dédoublement réel. Ce dernier cas se présente très souvent.

Une seconde cause non moins importante, trouve son origine dans notre organisme lui-même. De même que notre oreille ne peut percevoir un bruit très faible qu'à intervalles réguliers, de même notre cristallin ne peut rester dans un état de tension perpétuelle. Cela est si vrai qu'il suffit d'avoir fait quelques études micrographiques pour avoir constaté que le point change pendant le cours d'une observation. Personne ne penserait à en chercher la cause dans un déplacement de l'objet sur la platine du microscope ! Il suffit d'attendre un instant et la vision revient, d'ailleurs, aussi nette qu'auparavant. Notre cristallin est donc soumis, dans le phénomène de l'accommodation, à une série d'oscillations périodiques d'amplitude sensiblement égale.

Il me resterait à expliquer des particularités très

curieuses que mes premières expériences m'ont révélées. Je n'en dirai qu'un mot pour ne pas allonger cette étude outre mesure. Ce sont les couleurs observées dans l'intervalle des lignes dédoublées. Ces intervalles se sont montrés constamment vert-pâle pour les lignes noires sur fond blanc, et violets pour les lignes blanches sur fond noir. Ces effets tiennent à des phénomènes très complexes de diffraction dans les lunettes astronomiques, combinés à des effets d'aberration chromatique du cristallin.

Tel est le résumé des recherches que j'avais entreprises pour corroborer la théorie de M. Antoniadi sur le *caractère optique* des géminations. Mes expériences tendent à démontrer combien sont illusoires et subjectifs ces dédoublements mystérieux.

II

Toutes les études précédentes ne peuvent que confirmer les détails connus de l'*Aréographie;* elles ne nous disent rien cependant sur l'origine ou même la nature des accidents physiques que nous présente la planète Mars. Nous allons donc chercher maintenant une explication des lignes sombres qui sillonnent le globe martien, lignes auxquelles on a donné le nom de canaux et qui paraissent faire de cette planète un monde très dissemblable du nôtre.

Si nous ne trouvons rien d'analogue sur la Terre, il nous suffira cependant de jeter les yeux sur une photographie générale de la Lune pour y voir des effets du même genre. Les beaux travaux de MM. Lœwy et Puiseux ont mis en évidence tout un système de cassures que nous devons ajouter à ceux que nous connaissions déjà ; et si nous avions vécu à l'époque où les forces volcaniques n'avaient pas encore boursouflé la surface de notre satellite, nous aurions eu sous les yeux un monde rappelant probablement l'aspect actuel de Mars. Cette idée de cas-

sures n'est, d'ailleurs, guère nouvelle; mais jusqu'ici les expériences qui l'avaient fait naître n'avaient pu recevoir d'interprétation convenable et n'offraient, à vrai dire, qu'un intérêt de pure curiosité.

Nasmyth semble être le premier qui essaya de reproduire sur un globe en verre dilaté des cassures analogues à celles qui sillonnent la Lune (fig. 14). Ne dirait-on pas

Fig. 14.

un dessin du disque lunaire, avec Tycho émettant de toute part ses rayons ?

En 1890, M. Daubrée, de l'Institut, répétait des expériences analogues sur des ballons de caoutchouc enduits de plâtre ou de paraffine. Malgré toutes les précautions prises, malgré tous les essais, M. Daubrée ne put obtenir par contraction rien qui ressemblât aux canaux de Mars, en supposant que ces canaux eussent été à l'origine des cassures de la planète. Mais en introduisant dans les ballons de l'eau sous une pression qui croissait graduelle-

Fig. 15.

Fig. 16.

ment, ces globes finirent par présenter des brisures rectilignes dont l'entrecroisement géométrique reproduisait assez bien l'apparence du réseau martien.

J'ai repris tout dernièrement ces expériences, en modifiant le mode opératoire et en faisant varier l'épaisseur de la couche-enveloppe des ballons. Ceux-ci, préalablement gonflés à l'air et enduits de plâtre humide, étaient ensuite suspendus sous la cloche d'une machine pneumatique. Dès que la pression commençait à diminuer, le volume des ballons augmentait graduellement; on voyait l'enveloppe se fendiller et on arrêtait au moment voulu pour photographier.

La figure 15 représente un ballon dilaté, recouvert d'une couche homogène de plâtre de $\frac{3}{10}$ de millimètre d'épaisseur environ. La dilatation a commencé quelques secondes après la prise du plâtre : les cassures sont fines et très rapprochées.

Dans la figure 16, l'épaisseur de la couche de plâtre a été doublée : les cassures sont moins nombreuses et mieux accusées.

Enfin, pour le ballon de la figure 17, la dilatation a commencé lorsque la couche de plâtre était déjà presque sèche : les cassures, encore plus espacées, laissent voir leur répartition suivant des cercles perpendiculaires les uns aux autres, parallèles et méridiens (1).

Des expériences précédentes, répétées un grand nombre de fois, j'ai cru pouvoir tirer les conclusions suivantes :

1° A dilatation égale, le nombre des cassures diminue à mesure que s'accroissent l'épaisseur et la résistance de la couche. Ce nombre est donc fonction de ces deux facteurs ;

2° Les intervalles entre plusieurs cassures affectent de préférence la forme de pentagones et de quadrilatères ;

(1) La figure 18 a été obtenue par un autre procédé : c'est un noyau incompressible recouvert d'argile. La dessiccation a donné des cassures très marquées (Expérience de M. du Ligondès).

Fig. 17.

Fig. 18.

3° Quand la résistance augmente, les cassures tendent à se former suivant des arcs de grands cercles qui se coupent perpendiculairement.

On ne conçoit guère que la surface de Mars ait été soumise à des pressions intérieures ayant pu amener la dilatation de son globe. D'autre part, on ne peut nier l'analogie frappante qui existe entre les aspects des ballons dilatés et ceux du globe martien. On est donc conduit à rechercher une cause identique dans les deux cas.

La géologie nous apprend que tous les phénomènes orogéniques sont dus à des plissements de la croûte solide causés par le retrait du noyau liquide sur lequel elle s'appuie. « Avec le temps, dit M. de Lapparent, le noyau igné doit se contracter, parce qu'il perd de sa chaleur et qu'une partie de sa substance est rejetée au dehors par les éruptions. Mais, si épaisse que puisse être la croûte solide, il est vraisemblable qu'elle ne correspond qu'à une petite fraction du rayon terrestre. Elle garde donc, dans l'ensemble, assez de flexibilité pour avoir besoin d'être soutenue, et, lorsque son support vient à faiblir, il faut qu'elle se déforme en conséquence. Cette déformation doit être analogue à celle qui se produit dans une étoffe primitivement bien tendue et dont une cause quelconque diminue la tension (1). »

Ainsi l'écorce terrestre, pour suivre le noyau qui diminuait de volume, a été obligée de se plisser, donnant naissance à nos chaînes de montagnes aussi bien qu'aux vallées; la Terre, en un mot, s'est ridée par contraction.

Sur Mars il a dû en être tout autrement. D'après une théorie cosmogonique récente, celle de M. du Ligondès, Mars a été retardé dans sa formation par Jupiter et par la Terre (2). Son mode de contraction et les phénomènes qui en ont résulté ont dû, par ce fait même, varier du

(1) de Lapparent, *Géologie*.

(2) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (avril 1897), *Les progrès récents de la Cosmogonie* par l'abbé Th. Moreux.

tout au tout. Pour faire comprendre les résultats de cet accroissement lent, on me permettra de citer quelques lignes extraites d'une communication que j'ai faite tout récemment à la *British Astronomical Association.*

« Si Mars s'est formé lentement, on peut dire qu'à toutes les phases de sa vie astrale, les matériaux qui venaient s'ajouter au noyau déjà formé ont opéré leur condensation d'une façon plus régulière ; la chaleur développée devait, en effet, être moins intense que dans le cas d'une agglomération rapide, et la contraction avait le temps de se faire au fur et à mesure de la condensation. Les derniers amas, ceux de la couche superficielle, se réunissaient donc à un noyau qui devait fort peu se contracter dans la suite. Considérons maintenant cette dernière couche au moment où, se refroidissant à son tour, elle est prête à se solidifier. Si rien ne la protège contre le rayonnement extérieur, elle perdra vite sa chaleur d'origine et celle qu'elle a pu acquérir au contact de la couche sous-jacente ; en se refroidissant, elle tendra à se resserrer et bientôt elle deviendra trop petite pour envelopper le noyau qu'elle recouvrait. Elle sera donc obligée de se fendiller absolument comme une argile qui, en séchant, perd de son volume, et ne peut plus recouvrir la surface sur laquelle elle repose.

» Les premières cassures ont dû former ces réseaux si fins, à l'apparence fugitive, qui sillonnent la planète Mars dans tous les sens, et dont les observations récentes, celles de M. Schiaparelli et de M. Lowell en particulier, nous ont appris l'existence. Le système de réseaux plus apparent, les canaux plus larges et plus durables, tels que la Boreosyrtis, la Nilosyrtis et l'Indus, se sont sans doute formés plus tard sur des cassures préexistantes et dans un milieu plus résistant. »

Toutes ces lignes ne rappellent-elles pas les cassures de nos ballons dilatés ? D'un côté, c'est la surface sous-jacente

qui augmente ; de l'autre, sur Mars, c'est l'enveloppe qui diminue. Finalement le résultat doit être identique.

Ces conclusions sont absolument confirmées par les variations de densité de la surface au centre ; en tenant compte de l'aplatissement et de la durée de rotation de la planète, on peut montrer, en effet, que Mars est bien plus homogène que la Terre.

Tous les faits que nous avons relatés, ainsi que notre interprétation nouvelle des canaux considérés comme de véritables cassures, ont conduit M. du Ligondès, le savant auteur de la dernière hypothèse cosmogonique, à présenter une théorie de la constitution physique de Mars. On me permettra de l'esquisser à grands traits.

D'après cet auteur, si on évalue la température probable de Mars par comparaison avec celle qui règne à la surface du globe terrestre, on arrive forcément à cette conclusion que Mars devrait être un désert de glace ; or les savantes études et les discussions très précises de M. Flammarion à ce sujet, montrent qu'il n'en est absolument rien. De plus, il est presque certain, d'après les dernières observations, qu'il ne faut pas demander à la présence de la vapeur d'eau l'explication de ce fait. L'eau n'existe peut-être pas en très grande masse sur cette planète, et son atmosphère très raréfiée n'en donne aucune trace sensible. C'est à la chaleur interne qu'il faut s'adresser pour trouver la raison d'une température capable de favoriser dans les cassures de l'écorce une végétation qui semble s'imposer de plus en plus.

Donnons, d'ailleurs, la parole à M. du Ligondès lui-même :

« D'après notre hypothèse, le sol de Mars doit être ferrugineux, poreux et friable, c'est-à-dire bon conducteur de la chaleur. Aucune couche de roches imperméables n'empêche l'eau de pénétrer à travers l'écorce solide et d'aller se réchauffer au voisinage du noyau central. L'accroissement de température avec la profondeur, sans doute

bien inférieur à celui qu'on a constaté pour la Terre, permet à cette eau de descendre pour ainsi dire goutte à goutte, sans produire ces terribles explosions dues à l'échauffement brusque d'une grande masse liquide. Rien ne prouve mieux, d'ailleurs, le faible accroissement de la température à l'intérieur de Mars que l'absence complète de phénomènes volcaniques à la surface. Malgré l'infiltration facile des eaux dans le sous-sol, nulle part on ne voit trace de soulèvements causés par des expansions gazeuses venant de l'intérieur. La configuration plate des continents, l'apparence calme de l'atmosphère toujours sereine, démontrent qu'aucune éruption violente, aucune conflagration des éléments ne vient troubler la monotonie tranquille de cette morne planète.

» Mais les eaux chaudes remontent à la surface en suivant de préférence les fentes de l'écorce et viennent aboutir dans les parties basses désignées sous le nom de « mers » et de « canaux ». Ces « mers » sont vraisemblablement des régions sillonnées par les fines cassures du début formées au temps où la croûte avait encore peu d'épaisseur. En approchant de la surface, l'eau, soumise à une faible pression, se transforme sans doute en vapeur ; et si ces vapeurs ne se voient pas bientôt converties elles-mêmes en nuages de glace, il faut l'attribuer au développement d'une plantureuse végétation, entretenue par l'humidité tiède d'un sol meuble.

» Notons, en passant, que ces conclusions sont conformes à celles de M. Lowell qui voit dans les taches sombres de Mars non pas de l'eau, mais de la végétation. Il semble, en outre, que si Mars possédait des mers ou même des lacs d'une certaine étendue, on apercevrait quelquefois, par réflexion, l'image du Soleil.

» L'humidité qui règne sous ces « ombrages » s'étend un peu au delà des limites où s'arrête la végétation. Pendant les heures chaudes du jour, elle reste encore à peu près à l'état de vapeur ; mais, dès que le Soleil s'abaisse

sur l'horizon, immédiatement elle se condense. De là ces taches blanches que l'on voit au bord des « terres » et presque toujours auprès du terminateur.

» La « buée » qui entoure les hautes végétations couvre également leurs cimes et les protège contre le rayonnement nocturne. Quand le Soleil, dardant ses rayons sur les cimes, dissipe la buée, ou lorsque vient à diminuer l'humidité qui s'échappe du sol, la végétation nous apparaît avec sa teinte vert foncé; cette teinte passe au gris et même au blanc si, au contraire, la buée, d'abord légère, se condense en brouillards. Ainsi s'expliquent les variations surprenantes de teintes observées dans les parties sombres, et, en particulier, le prolongement, par des lignes claires, des « canaux » à travers les « mers ». On comprend aussi que la buée qui enveloppe souvent les « canaux » rende leur observation difficile, et qu'elle puisse, dans une certaine mesure, favoriser, par la difficulté de la mise au point, leur apparente gémination.

» Il est à croire que l'humidité ne s'élève pas au-dessus des plateaux et qu'elle reste confinée dans les bas-fonds. La différence de température d'un lieu à l'autre doit être considérable. Ces plateaux ne sont évidemment pas des glaciers; mais, selon toute probabilité, le sol en est gelé pendant une bonne partie de l'année. Les lignes de démarcation entre les plateaux arides et les vallées marécageuses ne sont pas bien tranchées; les hautes forêts se prolongent sur les terres par une végétation courte et peu serrée dont les limites elles-mêmes avancent ou reculent suivant le degré d'humidité du sol. En outre, le sol meuble, travaillé par les infiltrations souterraines, est soumis à des déplacements lents et continus; les plateaux tendent à glisser dans les vallées. C'est pourquoi les rivages nous apparaissent indécis et changeants.

» Les taches polaires sont improprement appelées neiges, dans le sens que nous attribuons à ce mot. Dès l'instant qu'il n'y a pas de nuages sur Mars, il ne peut y avoir de

chutes de neige. Ces taches sont produites par de fortes gelées blanches. Pendant les longues nuits polaires, la vapeur qui s'échappe du sol se change en cristaux de glace; quand vient l'été, ces cristaux fondent avec la même facilité que, sur la Terre, le givre aux rayons du soleil (1). »

En somme, Mars est plus jeune que la Terre et son état actuel a quelque analogie avec celui de notre planète au début de l'ère primaire : différence peu sensible entre la température des régions à latitude élevée et celle des zones équatoriales; même source de chaleur à sa surface. Si l'on ajoute à cela que les hauts plateaux sont absolument déserts et semblent supporter une température voisine de — 130° C., que l'air y est au moins aussi raréfié que sur les plus hautes cimes de l'Himalaya, nous serons obligés d'avouer qu'un habitant terrestre y serait mal à l'aise et qu'il fait encore meilleur, pour nous, vivre sur notre bonne planète.

L'Abbé Th. Moreux.

(1) R. du Ligondès, *Considérations sur l'état physique de Mars* (Cosmos, nos 691 et 692, 1898).

L'ANALYSE

DES

RADIATIONS LUMINEUSES [1]

IV

ANALYSE DIRECTE DES RAIES SPECTRALES

Les spectroscopes à prismes et les réseaux de diffraction, malgré leur fécondité merveilleuse, n'ont qu'une puissance limitée qui s'arrête devant l'analyse des raies brillantes des spectres qu'ils étalent sous nos yeux.

Quand on les emploie à dégager les détails de la structure de ces raies, en utilisant toutes leurs ressources, on voit les difficultés grossir, se multiplier et encombrer bientôt la voie droite de l'observation directe au point de la rendre impraticable. On ne peut songer, d'ailleurs, à attaquer ces difficultés de front pour les aplanir ; car elles surgissent des défauts inhérents aux appareils, de la nature même de la lumière et des exigences irréductibles du sens de la vue. Heureusement, il est possible de les tourner et d'avancer quand même, en recourant à des procédés artificiels qui permettent d'atteindre, dans ses conséquences physiques nettement perceptibles et très parlantes, la composition des raies spectrales elles-mêmes.

(1) Voir la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, deuxième série, t. XIII (avril 1898), pp. 524-541 ; et t. XIV (juillet 1898), pp. 140-181.

Avant d'exposer ces méthodes indirectes, leur origine et les résultats de leur application, cherchons à nous rendre compte des difficultés qui nous les imposent.

On sait que notre œil se comporte comme une chambre noire munie d'une lentille convergente. La netteté de la vision a pour condition nécessaire la *mise au point* sur la rétine de l'image de l'objet que nous considérons ; elle est entravée par les aberrations dont l'œil est affecté. De plus, la *vue nette* ne s'accompagne pas nécessairement de la *vue distincte*.

Un œil naturellement emmétrope, ou rendu artificiellement tel par l'emploi convenable de verres correcteurs de la vision, voit *nettement* le disque de la lune sur le fond sombre du ciel ; mais il ne saisit, il ne *distingue* aucun détail de sa surface. Il voit nettement les étoiles qui parsèment la voûte céleste, mais sans pouvoir même soupçonner qu'une foule d'entre elles sont des mondes qui rappellent notre système solaire. La sensation fusionne les images, géométriquement distinctes sur la rétine, de ces soleils lointains et des satellites qui les entourent et nous réduit à la perception d'une seule image globale, *nette mais indistincte*.

La physiologie a cherché à préciser les conditions de la vue distincte.

La région la plus sensible de l'œil, celle sur laquelle instinctivement nous amenons l'image rétinienne quand nous arrêtons le regard sur un objet, est la partie centrale d'une tache jaune, la *fovea centralis*, formée essentiellement par la juxtaposition d'un très grand nombre de petits cônes qui terminent les dernières ramifications du nerf optique. Ce sont les véritables éléments impressionnables par la lumière. On a cru pouvoir rattacher à la grandeur de ces organes microscopiques le *pouvoir séparateur* de la vision. Pour que nous distinguions deux points lumineux voisins, il faut, disait-on, que les images,

ou plus exactement *les centres des images de grandeur finie* de ces points, tombent sur deux éléments rétiniens séparés par un troisième ne recevant pas de lumière ou en recevant moins que les deux autres. Chaque fois que ces images se forment sur un même cône, ou sur deux cônes adjacents, la sensation les fusionne et nous donne l'impression d'un point unique, qui aurait à lui seul l'éclat des deux points réels, et dont l'image se projetterait sur un élément, ou sur la ligne de contact des deux éléments voisins simultanément atteints. Or les cônes ont, dans la *fovea centralis*, un diamètre de 3 à 4 microns (millièmes de millimètre); nous ne pourrions donc distinguer deux points lumineux dont la distance apparente serait inférieure à 40″, angle visuel dont l'écartement mesure, sur la rétine, 3 microns. — Nous ne discuterons pas cette explication que des expériences de M. Nuel ont mise en défaut, en abaissant la limite à 2 microns et demi et même au-dessous. Ce qui nous intéresse, c'est la limite acceptable dans des observations courantes exigeant un pointé très précis. Ici la pratique montre que les 40″ ou les 30″ des théories et des expériences des physiologistes doivent être augmentées et portées à 1′ environ.

Voilà pour l'observation à l'œil nu.

Mais nous disposons d'appareils auxiliaires de la vision, loupes, microscopes, lunettes, qui nous permettent de projeter sur la rétine des images dilatées des objets réellement très petits, ou équivalemment tels grâce à leur grand éloignement, sans que ces images perdent beaucoup de leur *netteté*, et en employant à les peindre une quantité de lumière capable de sauvegarder, voire d'augmenter, leur *clarté*. Ici se présentent de nouveaux obstacles à la *vue distincte* qui tiennent non seulement aux défauts essentiels de ces appareils, mais aussi à la nature de la lumière; ils ne sont pas étrangers à la vision non armée, et c'est à eux que nous faisions allusion tantôt en parlant *des centres des images rétiniennes de deux points lumineux*.

De fait, lorsqu'une lunette ou un télescope à miroir, supposés parfaits, visent un point lumineux, réellement ou équivalemment très éloigné — une étoile, par exemple — des phénomènes de diffraction deviennent sensibles dans le voisinage de l'axe du faisceau réfracté ou réfléchi, et l'image que les rayons en conflit viennent peindre dans le plan focal, au lieu d'être un *point brillant*, est formée d'un *disque central*, d'une étendue finie, *entouré d'une série d'anneaux* alternativement obscurs et brillants, et dont l'éclat s'affaiblit rapidement.

Dans ces conditions, absolument inévitables puisqu'elles tiennent à la constitution même de la lumière, à la périodicité et aux longueurs finies des ondes lumineuses, pour que les images de deux points voisins — des deux composants d'éclat peu différent d'une étoile double, par exemple — puissent se distinguer l'une de l'autre, il faut que leurs parties centrales n'empiètent pas trop.

C'est bien évident, mais fort vague.

Pour préciser, remarquons que l'intensité de la lumière sur chacun des disques centraux diminue lentement d'abord, puis rapidement, du centre à la périphérie. On peut donc admettre que l'œil distinguera ces deux disques, quand le bord de l'un passera par le centre de l'autre. Cela suppose que l'angle sous lequel, du centre de l'objectif, on voit le rayon d'un de ces disques est précisément égal à la distance angulaire des deux étoiles. C'est la valeur de cet angle à laquelle correspond la vision distincte des deux points lumineux les plus rapprochés que puisse séparer un instrument donné, que l'on prend pour mesure du *pouvoir séparateur* ou de la *puissance de pénétration* de l'instrument. Il est simplement en raison inverse du diamètre de l'objectif ou du miroir. En employant des oculaires de plus en plus forts pour observer l'image objective, on la verra grandir et pâlir à la fois. Les diamètres des anneaux de diffraction croîtront proportionnellement au grossissement; l'ensemble restera sem-

blable à lui-même et la définition que nous venons de donner conservera dès lors son application.

D'après les recherches de Foucault, le pouvoir séparateur est de 1″ pour un objectif de 13 centimètres de diamètre. Cela signifie qu'une lunette de cette ouverture permettra de résoudre une étoile double dont la distance angulaire des composantes n'est pas inférieure à 1″ (1). Ajoutons, pour ne pas être trop incomplet, que cette conclusion suppose que les intensités lumineuses des deux composantes sont peu différentes. Pratiquement, la séparation des étoiles doubles et, en général, la vue distincte de deux points lumineux voisins, dépend, en effet, beaucoup de leur éclat relatif : un contraste trop prononcé exigerait une distance angulaire plus grande.

Si l'on applique le nombre donné par Foucault à un objectif dont l'ouverture serait celle de la pupille, pour un éclairage ordinaire, on trouve que l'œil nu pourrait résoudre un angle de 35″ environ. C'est à peu près le nombre que nous imposent les conditions physiologiques de la vue distincte; mais, nous l'avons dit déjà, les aberrations, dont l'influence augmente quand la pupille s'ouvre davantage, nous obligent à porter ce nombre à 1′. La distance des détails que distingue un œil normal, visant à 30 centimètres, est, dans ces conditions, $\frac{1}{10}$ de millimètre à peu près.

Tout ce que nous venons de dire est applicable à l'observation des raies spectrales.

L'image objective d'un trait brillant, comme celle d'un point lumineux, est élargie par diffraction et bordée de franges parallèles qui contrarient la vue distincte de deux

(1) L'arc de 1″, mesuré sur la circonférence dont le rayon est pris pour unité, vaut environ $\frac{1}{204\,000}$. On peut donc dire aussi qu'une lunette de 13 centimètres d'ouverture résoudra une étoile double dont la projection sur la sphère céleste de la distance relative des composantes, n'est pas inférieure à $\frac{1}{204\,000}$ de leur distance à la terre.

raies très rapprochées, sans la rendre toutefois aussi difficile que celle de deux sources circulaires voisines. On ne pourra donc les séparer que si leurs images sont tellement écartées que leur empiètement amène tout au plus le centre de l'une d'elles sur le premier minimum de l'autre. Nous savons que ces raies sont des images, plus ou moins correctes, de la fente qui joue le rôle de source lumineuse ; on favorisera donc leur séparation, en réduisant la largeur de cette fente autant que le permet la nécessité de conserver une clarté suffisante.

A première vue, il semble qu'il soit possible d'accroître indéfiniment le pouvoir séparateur d'un spectroscope dont la largeur de la fente a été réduite au minimum, en multipliant le nombre des prismes disperseurs, et en donnant à ces prismes et à l'objectif de la lunette d'observation des dimensions permettant d'utiliser un faisceau plus large de la lumière réfractée. Malheureusement, la dispersion croissante qui résulte de ces dispositions, s'accompagne nécessairement d'irrégularités qui grandissent du même pas, troublent de plus en plus la marche et l'observation du phénomène, et ne tardent pas à rendre illusoires les avantages que l'on attendait : l'imperfection des surfaces réfringentes, dont le nombre et les dimensions augmentent ; le défaut d'homogénéité des milieux, dont l'épaisseur croît ; l'influence de plus en plus sensible de la distribution inégale de la lumière dans la raie, supposée complexe, que l'on étudie, travaillent de concert pour compliquer le problème, et en renferment finalement la solution entre des limites qu'il est pratiquement impossible de franchir.

Des inconvénients analogues se présentent dans l'usage des spectroscopes à diffraction. C'est en vain que l'on recourrait à l'emploi de réseaux successifs pour augmenter leur pouvoir de pénétration, dans de bonnes conditions ; la dispersion irait croissant, sans doute ; mais elle entraînerait des pertes de lumière considérables, et on aurait introduit, pour l'obtenir, dans les irrégularités inévi-

tables des réseaux, des causes multiples de trouble qui rendraient impraticable toute observation précise. En supposant même que l'on parvienne à surmonter toutes les difficultés pratiques que rencontre la construction des réseaux de grande dimension, on n'avancerait en rien la résolution de certains groupes de raies spectrales, à cause de la largeur réelle de ces raies elles-mêmes due au manque d'homogénéité des radiations qui les produisent. En résumé, quel que soit le mode d'observation auquel on ait recours pour analyser les raies spectrales et étudier la composition des différents groupements que peut-être elles nous cachent, il semble bien difficile d'arriver à séparer directement deux radiations lumineuses dont les longueurs d'onde ne diffèrent pas plus de $\frac{1}{100000}$. La distance des raies qui leur correspondraient, dans le spectre normal, serait le $\frac{1}{100}$ environ de celle qui sépare les deux raies du doublet du sodium (1); ce serait vraisemblablement beaucoup demander aux spectroscopes à prismes et même aux réseaux de diffraction.

Pour pénétrer jusque-là et plus avant dans l'analyse des radiations lumineuses, pour découvrir le secret de la distribution de la lumière dans les raies que ces appareils nous font juger simples, il faut donc en créer de nouveaux et recourir nécessairement à des méthodes d'observation indirectes.

Il en est heureusement et de très ingénieuses qu'un savant physicien américain, M. Alb. A. Michelson, a su tirer des propriétés essentielles des radiations lumineuses, et de la généralisation et de l'application de faits d'observation déjà anciens, mais dont la fécondité n'était pas épuisée.

(1) Mascart, *Traité d'optique*, t. III, n. 790, pp. 563 565.

V

LES INTERFÉRENCES ET QUELQUES-UNES DE LEURS APPLICATIONS

Nous avons vu comment les interférences sont une conséquence de la constitution périodique de la lumière, et nous avons indiqué les conditions générales que réclame leur observation. Ce sont les interférences qu'utilisent les appareils employés pour l'analyse des raies spectrales. Pour aider l'intelligence des circonstances spéciales dans lesquelles elles s'y produisent et des renseignements qu'on en tire, nous étudierons d'abord quelques dispositifs qui permettent d'obtenir ce phénomène et d'en tirer parti dans des conditions voisines et dans un but analogue.

L'image d'une étoile, vue dans une lunette ou un télescope, est formée — nous l'avons rappelé plus haut — d'un disque central brillant, entouré d'anneaux de diffraction. Si l'on couvre l'objectif de la lunette, ou le miroir du télescope, par un écran qui ne laisse libres que deux petites surfaces situées aux extrémités d'un diamètre, au lieu d'une image rappelant la forme de la source lumineuse, l'instrument donnera, en général, des franges dont la largeur, ou la distance des minima successifs, dépendra de la distance des petites surfaces libres, c'est-à-dire du diamètre de l'objectif ou du miroir, et que l'on pourra étaler en poussant le grossissement aussi loin que le permettra la perte inévitable de clarté.

A première vue, la substitution de l'image interférentielle à l'image ordinaire semble désavantageuse à tous égards; mais en réalité, le phénomène des franges est plus net que celui de la tache centrale cerclée d'anneaux que donne la pleine ouverture, en supposant même un objectif idéal, dépourvu d'aberrations ; en sorte qu'*on peut pointer le milieu de la frange médiane avec plus d'exactitude que*

le centre du disque brillant. Dès lors, dans toutes les circonstances où l'exactitude du pointé est le résultat essentiel à obtenir, quand la clarté le permet et quand l'inconvénient de la dissimilitude entre la source et le phénomène observé est négligeable — dans la mesure des distances angulaires, des ascensions droites et des déclinaisons des étoiles, par exemple — il pourrait être avantageux d'utiliser de préférence l'image interférentielle.

D'ailleurs, il n'est pas nécessaire que les deux petites surfaces libres soient des portions d'un objectif ou d'un miroir courbe : on peut les remplacer par des prismes à réflexion totale ou des miroirs plans dont la seule fonction sera d'amener les deux faisceaux à coïncider sous une très faible inclinaison. On aura ainsi transformé la lunette en un *réfractomètre interférentiel.*

On donne ce nom à toute une famille d'appareils qui se prêtent à l'application des méthodes interférentielles. Imaginés d'abord en vue de déterminer les indices de réfraction, ils ont reçu leur nom de cette première destination; ils l'ont gardé, bien qu'ils servent aujourd'hui à une foule d'autres recherches. Ils ont tous pour propriété commune de séparer un faisceau de rayons lumineux en deux, qu'ils réunissent ensuite dans des conditions permettant la production et l'observation des franges d'interférence. Nous venons de donner un premier exemple de leur utilité; en voici un second.

Reprenons la lunette dont l'objectif est muni de son obturateur à fentes libres aux extrémités d'un diamètre de longueur D, et dirigeons-la vers une source de lumière : ce sont les conditions de l'expérience de Young que nous avons décrite antérieurement (1).

Pour que l'image interférentielle se forme et soit observable, pour que les franges soient visibles, il ne suffit pas

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., deuxième série, t. XIV, juillet 1898, p. 173.

que les taches lumineuses qui correspondent aux fentes aient une partie commune ; il faut, en outre, que l'angle apparent de la source soit suffisamment petit. La raison en est évidente : chacun des points de la source produit un système de franges particulier, centré par rapport à la droite qui le joint au milieu de la distance D; pour que la coexistence de ces systèmes de franges n'aboutisse pas à la confusion complète, il est nécessaire que l'angle apparent de la source, vue du point milieu de la distance D, soit plus petit que l'angle apparent d'une demi-frange vue du même point. Or cet angle vaut $\frac{\lambda}{2D}$, pour une radiation de longueur d'onde λ. *Si les franges sont visibles, nous pouvons donc affirmer que le diamètre apparent de la source ne dépasse pas cette valeur.*

Nous voici donc en possession d'un instrument capable de mettre en évidence un angle minimum de $\frac{\lambda}{2D}$. Le pouvoir séparateur d'un objectif complètement ouvert de 13 centimètres n'est pas inférieur à 1″ ; si on transforme cette lunette en réfractomètre interférentiel, sa puissance de pénétration s'étendra, en supposant $\lambda = 0^{\mu},5$, jusqu'à l'angle minimum de 0″, 4 environ.

Fizeau a fait remarquer qu'en braquant une lunette ainsi transformée sur les étoiles, il devenait possible de déterminer une limite supérieure de leur diamètre apparent. M. Stephan a réalisé l'expérience avec deux fentes éloignées de 50 centimètres : *les franges n'ont disparu pour aucune étoile, sauf pour Sirius*. On en conclut que le diamètre apparent des étoiles est inférieur à 0″,1 et que le diamètre de Sirius est peut-être appréciable. Voilà un renseignement que la lunette ordinaire eût été impuissante à nous donner, et qui met bien en lumière l'extrême délicatesse des méthodes interférentielles. Mais nous pouvons en exiger davantage.

La remarque de Fizeau a reçu une généralisation importante que nous devons rappeler et *qu'il faudra retenir*, car c'est d'elle que nous verrons sortir tantôt les

perfectionnements que ces mêmes méthodes apportent aux spectroscopes.

Supposons, pour fixer les idées, que la source lumineuse soit rectangulaire et que l'un de ses bords soit parallèle aux fentes, très étroites, de l'obturateur placé sur l'objectif de la lunette. Les franges disparaissent — nous venons de le voir — lorsque le diamètre apparent de la source est égal à la largeur d'une demi-frange. Qu'arrivera-t-il si l'on écarte les fentes objectives d'une manière continue ? — Voici la réponse que donne la théorie et que confirme l'expérience : la netteté de l'image interférentielle, ou la *visibilité des franges*, varie : celles-ci se forment, s'accentuent, éclatent vivement, pâlissent, se fusionnent, disparaissent, pour reparaître ensuite, s'évanouir de nouveau, reparaître encore par périodes régulières, suivant une loi déterminée que nous appellerons la *loi de visibilité*. On en devine la raison : les différents systèmes de franges, fournis par les différentes plages linéaires entre lesquelles la source se partage, coïncident, empiètent les uns sur les autres, superposent des traits brillants à des traits obscurs, etc., pendant que varie la distance des fentes objectives.

Or il est possible de faire correspondre à cette visibilité variable, un nombre variable V qui la représente ; le choix de ce nombre n'est pas imposé, mais il n'est pas non plus arbitraire. Si l'on désigne par I_1 et I_2 les intensités respectives d'une frange brillante et de la frange obscure voisine, l'hypothèse la plus naturelle et la plus simple à la fois consiste à prendre, pour définir le nombre V, le rapport $\frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}$; cette expression s'annule, lorsque les deux intensités sont égales : les franges cessent alors d'être visibles ; elle atteint sa plus grande valeur, l'unité, lorsque les minima sont absolument noirs ($I_2 = 0$) : le phénomène se présente alors dans toute sa netteté. Or, I_1 et I_2 sont eux-mêmes des nombres qui dépendent du *diamètre appa-*

rent de la source, de son *éclat* à ses différents points, ou de la manière dont la lumière y est géométriquement distribuée, et de la *distance des fentes* objectives, distance dont on dispose. Le nombre V devient donc une *fonction* de ces trois quantités dont l'expression analytique, ou la construction graphique, fournira la formule ou la courbe de la *loi de visibilité*.

Inversement, si l'on connaît la formule, ou la courbe de visibilité, relevée expérimentalement dans l'étude d'une source lumineuse dont on connaît ou dont on se donne le mode de rayonnement, on pourra en déduire le diamètre apparent de la source. Ce problème inverse n'est donc déterminé, défini, numériquement résoluble par conséquent, que si l'on connaît ou si l'on se donne la loi de distribution de la lumière dans la source ; mais dans bien des cas, cette loi sera tout indiquée ou, au moins, le choix que l'on devra faire entre plusieurs hypothèses possibles se trouvera restreint pratiquement dans des limites suffisamment étroites pour que l'on puisse l'arrêter indifféremment sur l'une d'entre elles et accepter comme très probables les conclusions qui en découleront.

M. Alb. Michelson a vérifié par expérience la légitimité des définitions, des principes et des conséquences de cette théorie ; il a constaté qu'on pouvait l'utiliser avec confiance et grand profit dans une foule de problèmes très délicats, souvent inabordables par toute autre voie. Bornons-nous à rappeler ici les résultats d'une seule des applications qu'il en a faites à l'astronomie.

La mesure directe des diamètres des astres tels que les satellites des planètes, présente de très grandes difficultés; aussi les déterminations obtenues par plusieurs observateurs diffèrent-elles parfois du simple au double. M. Alb. Michelson leur a appliqué la méthode interférentielle, en utilisant un équatorial de 12 pouces (30,5 centimètres) d'ouverture. Les nombres très concordants qu'il a obtenus, dans une longue série d'épreuves, lui ont donné pour les

valeurs des diamètres angulaires des quatre anciens satellites de Jupiter, ramenés à la distance moyenne de la planète, les nombres suivants :

	I	II	III	IV
Diamètre	1",02	0",94	1",37	1",31.

Le recours aux phénomènes interférentiels permet donc d'augmenter non seulement l'*exactitude du pointé* d'une lunette sur une étoile, mais aussi son *pouvoir de pénétration* ou son aptitude à mesurer des angles très petits. Nous allons voir qu'il fournit encore le *moyen le plus précis dont nous disposions pour évaluer de très petites longueurs*, et enfin — c'est ici ce qui nous intéresse surtout — qu'*il ajoute beaucoup aux ressources que nous mettent entre les mains les spectroscopes et les réseaux de diffraction* ; il en augmente la puissance au point de nous permettre de pousser l'analyse des radiations lumineuses jusqu'aux détails de la constitution des raies spectrales elles-mêmes.

VI

LES ANNEAUX DE NEWTON, ET L'ANALYSE INTERFÉRENTIELLE DES RAIES SPECTRALES

On donne le nom d'*anneaux de Newton* à l'un des plus brillants phénomènes interférentiels, admirablement étudié au second livre de l'Optique de l'illustre physicien.

L'appareil dont Newton se sert pour le produire est resté classique. Il se compose (fig. 7) d'une glace G à faces planes et parallèles, et d'un verre plan-convexe L dont la surface courbe fait partie d'une sphère d'*un très grand rayon R*. On place contre la glace le côté convexe de la lentille, et on fait tomber, dans le voisinage du contact C, un faisceau de rayons lumineux que nous supposerons monochromatiques, de couleur jaune, par exemple. Dans

ces conditions, un œil convenablement placé pour recevoir les *rayons réfléchis*, voit une tache noire au point de contact des deux verres ; autour de cette tache, un anneau jaune entouré d'un anneau noir ; puis un nouvel anneau jaune, et ainsi de suite. En recevant au contraire les *rayons transmis*, l'aspect du phénomène est renversé et moins éclatant : on aperçoit une tache jaune au contact, puis un anneau obscur entouré d'un anneau jaune, et ainsi de suite. Tous ces anneaux paraissent localisés sur la lame mince d'air que limitent les deux verres, en sorte que tout se passe, pour chaque position de l'œil de l'observateur, comme si cette lame était un tableau recouvert d'une peinture représentant un système particulier d'anneaux. Leur forme dépend de l'incidence des rayons éclairants et

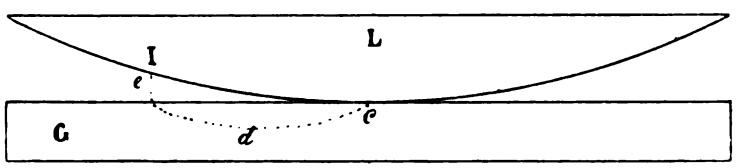


Fig. 7.

de la manière dont varie l'épaisseur de la lame en ses différents points : ils dessinent exactement les *courbes d'égales épaisseurs*, lorsque l'observation est tellement conduite que tous les rayons réfléchis sont sensiblement parallèles. C'est dans ces conditions particulières que nous allons les étudier.

La mesure de l'épaisseur de la lame aux différentes régions où se forment les anneaux n'est pas directement abordable ; mais un calcul élémentaire, dont le résultat se simplifie en tenant compte du fait que le rayon R de la lentille est très grand, montre qu'entre le nombre e qui mesure l'épaisseur de la lame dans la région que dessine un anneau brillant ou obscur déterminé, et le nombre d qui mesure le diamètre de cet anneau, on a la relation

$e = \frac{1}{2R} d^2$; e est donc proportionnel à d^2; la mesure de d permettra le calcul de e.

Newton releva au compas les diamètres d des anneaux; opération très délicate — *res admodum difficilis*, dit-il — qu'il fallut recommencer bien des fois, *iterum et sæpius*, avant de pouvoir, de ces mesures combinées, tirer des résultats aussi corrects que possible. Il trouva que, en lumière homogène et sous une incidence très voisine de la normale, les nombres d^2, et par suite les nombres e correspondants, croissent comme les nombres pairs 0, 2, 4, 6, ... pour les anneaux obscurs, et comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7, ... pour les anneaux brillants, dans le cas où l'on observe par réflexion; ces lois sont interverties, quand on observe par transmission. Rappelons en passant que, plus tard, De la Provostaye et Desains imaginèrent une méthode à la fois plus simple et plus rigoureuse qui leva tous les doutes qu'avaient pu laisser subsister les mesures de Newton, sur l'exactitude et la généralité de ces déductions (1).

Newton constata, en outre, que ces lois des diamètres ou des épaisseurs restent vraies, quelle que soit la lumière monochromatique employée, et quelle que soit la nature du milieu homogène transparent interposé entre les verres. Les anneaux s'étalent ou se resserrent, les valeurs absolues des nombres e et d correspondant à un anneau d'ordre déterminé changent, mais e reste proportionnel à d^2. Pour une même substance interposée, mais pour des lumières homogènes différentes, les anneaux croissent du rouge au violet; pour une même lumière, mais pour des lames de nature différente — air et eau, par exemple — les carrés des diamètres, ou les épaisseurs, sont en raison inverse de l'indice de réfraction du milieu interposé; les anneaux sont donc d'autant plus serrés que le milieu est plus réfringent.

(1) ANNALES DE CH. ET DE PH. 3e série, t. XXVII, 1849, p. 423.

Enfin, si au lieu de lumière homogène on fait tomber sur le système des deux verres un faisceau de lumière blanche, on observe des anneaux irisés qui résultent, d'après les observations de Newton, de la superposition des séries d'anneaux propres à chacune des couleurs simples du spectre solaire. Nous ne nous occuperons pas des anneaux produits sous des incidences obliques; bornons-nous à dire que leurs diamètres, toutes choses égales d'ailleurs, augmentent avec l'obliquité suivant une loi très simple que justifie la théorie dont nous allons esquisser une application particulière.

L'explication de ce brillant phénomène ne put entrer dans l'optique de Newton qu'à la faveur d'hypothèses ingénieuses qui attribuaient à la lumière et aux milieux qu'elle traverse des propriétés de circonstance dont la théorie des ondes les a dépouillés. Ici, en effet, tout s'explique, et dans les moindres détails, en faisant uniquement appel à la constitution périodique de la lumière. Occupons-nous seulement des anneaux vus par réflexion.

Ils résultent de l'influence mutuelle des deux systèmes d'ondes réfléchis l'un à la première, l'autre à la seconde surface de la lame d'air comprise entre les deux verres. Mais avant d'entrer dans le détail de cette explication, empruntons à Fresnel l'énoncé et la justification d'un principe, sur la réflexion de la lumière, dont nous allons avoir besoin.

« Lorsqu'un ébranlement se propage dans un milieu d'une élasticité et d'une densité uniformes, il ne revient jamais sur ses pas, et en se communiquant à des tranches nouvelles, il laisse les tranches précédentes dans un repos absolu. C'est ainsi qu'une bille d'ivoire, qui vient en frapper une autre de masse égale, lui communique tout son mouvement, et reste en repos après le choc. Il n'en est pas de même, quand la seconde bille a plus ou moins

de masse que la première ; dans l'un ou l'autre cas, celle-ci se trouve encore en mouvement après le choc. Lorsque la seconde bille a plus de masse que la première, la nouvelle vitesse dont celle-ci est animée la porte en sens contraire de son premier mouvement, et lorsque la seconde bille a moins de masse que la première, celle-ci continue à se mouvoir dans le même sens ; ainsi les nouvelles vitesses de la première bille, après le choc, sont de signes contraires dans les deux cas. Ceci peut aider à concevoir ce qui se passe lorsqu'une onde arrive à la surface de contact de deux milieux élastiques de densités différentes : la tranche infiniment mince du premier milieu, qui touche au second, et que nous pouvons assimiler à la première bille, ne reste pas en repos après avoir mis en mouvement la tranche contiguë du second milieu, à cause de la différence de leur masse, et il y a réflexion ; mais la nouvelle vitesse dont la tranche du premier milieu est animée après le choc, et qui se communique successivement aux tranches précédentes du même milieu, doit changer de signe selon que la tranche du second milieu a plus ou moins de masse que celle du premier, c'est-à-dire selon que celui-ci est moins dense ou plus dense que le second. Ce principe important, que M. Young a découvert par les considérations que nous venons d'exposer, résulte également des formules que M. Poisson a déduites d'une analyse savante et rigoureuse (1). Appliqué à la réflexion de la lumière, il nous apprend que, selon qu'une onde lumineuse est réfléchie en dedans ou au dehors du milieu le plus dense, la vitesse d'oscillation est positive ou négative. Ainsi tous les mouvements oscillatoires correspondants seront de signes contraires dans les deux cas (2). »

Revenons au phénomène des anneaux, et supposons, pour simplifier les raisonnements, que les rayons éclairants sont monochromatiques, parallèles et qu'on les

(1) MÉMOIRES DE L'ACAD. DES SC., t. II, p. 305.
(2) ŒUVRES COMPLÈTES D'AUGUSTIN FRESNEL, Paris 1868, t. II, p. 74.

observe par réflexion sous une incidence très voisine de la normale. Désignons par λ la longueur d'onde dans l'air de cette radiation, et par e l'épaisseur de la lame au point d'incidence I d'un de ces rayons; ce que nous dirons de celui-ci s'appliquera à tous les autres.

Développons l'anneau qui passe par le point I (fig. 8) : nous aurons une lame d'air M, d'épaisseur e, comprise entre deux lames de verre. Pour l'intelligence de la figure, nous en augmentons les proportions, et nous exagérons beaucoup l'inclinaison du rayon incident SI qu'il faut, par

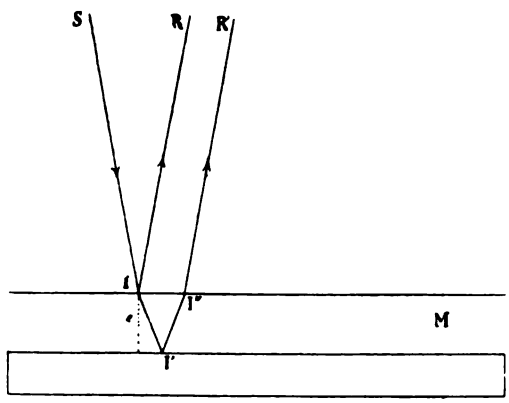


Fig. 8.

la pensée, ramener en coïncidence, ou à très peu près, avec la normale au point I.

Ce rayon incident SI se dédouble au point I pour donner naissance au rayon IR, réfléchi sur la face supérieure de la lame d'air, et au rayon réfracté II'. Celui-ci se dédouble à son tour au point I'; suivons uniquement la partie réfléchie sur la surface inférieure de la lame d'air : elle prend le chemin I'I''R'. Si le rayon SI est, comme nous le supposons, normal ou à peu près, le rayon I''R' se superpose au rayon IR dont nous avons déjà observé la formation, et la somme des distances II' et I'I'' vaut $2e$. Un œil convenablement placé reçoit simultanément ces

deux rayons superposés *dont le second a parcouru dans l'air un chemin plus long que le premier*. La différence *géométrique* de marche est égale à $2e$. Mais sur le trajet II'I'', il s'est présenté, en I', *une réflexion avec changement de signe de la vibration*. Au point I', le rayon réfléchi I'R' est donc en complète discordance avec le rayon incident SI'; dès lors tout se passe, au point de vue de l'influence mutuelle des deux rayons que reçoit l'œil de l'observateur, comme si le chemin II' + I'I'' était allongé d'une demi-longueur d'onde $\frac{\lambda}{2}$; la différence *physique* de marche, celle dont nous avons à tenir compte, est donc $2e + \frac{\lambda}{2}$. Il s'ensuit que les mouvements apportés par les deux rayons et recueillis simultanément seront concordants ou discordants, suivant que la différence de marche $2e + \frac{\lambda}{2}$ sera égale à un nombre pair $2m$ ou à un nombre impair $2m + 1$ de demi-longueurs d'onde $\frac{\lambda}{2}$: en d'autres termes, nous aurons des *anneaux brillants* dessinant les courbes d'épaisseurs égales aux valeurs de e fournies par la formule $e = (2m - 1)\frac{\lambda}{4}$, ce sont précisément les termes de la série $\frac{\lambda}{4}$, $3\frac{\lambda}{4}$, $5\frac{\lambda}{4}$, ... ; et des *anneaux obscurs* pour $e = 2m\frac{\lambda}{4}$, ou pour e égale à 0, $2\frac{\lambda}{4}$, $4\frac{\lambda}{4}$, $6\frac{\lambda}{4}$,...Ce sont bien là les lois des épaisseurs fournies par l'observation.

Ces mêmes formules nous disent, en outre, pourquoi l'épaisseur de la lame dans la région correspondant à un anneau d'ordre donné, varie avec la couleur, ou la longueur d'onde λ, de la lumière utilisée, et dans quel sens; en effet, puisque le λ du rouge est plus grand que le λ du violet, la valeur de e ou l'épaisseur de la lame, à l'endroit où se dessinera le $m^{\text{ième}}$ anneau rouge, sera plus grande que celle où se dessinera le $m^{\text{ième}}$ anneau violet.

Elles nous disent aussi pourquoi les anneaux se resserrent quand, toutes choses égales d'ailleurs, on substitue à la lame d'air une lame d'une substance transparente dont l'indice de réfraction est plus élevé; car la longueur d'onde

λ' de la lumière employée, dans ce milieu plus réfringent, est plus courte que sa longueur d'onde λ dans l'air. Tout cela répond bien aux données expérimentales, et nous pourrions poursuivre cet accord entre la théorie et l'expérience à travers toutes les circonstances et dans tous les détails ; mais ceci suffit à notre but.

Des phénomènes analogues se présentent dans des conditions voisines et sous l'influence des mêmes causes. Les irisations des lames minces, les teintes brillantes dont se parent les bulles de savon, etc., sont autant de conséquences des principes que nous venons de rappeler. Naturellement, la disposition des couleurs, leur succession, l'allure et la forme des anneaux dépendent de la nature des surfaces qui limitent la lame mince et règlent la différence de marche des rayons interférents. Ainsi les anneaux sont remplacés par des franges rectilignes et parallèles, lorsque ces surfaces sont parfaitement planes et forment entre elles un angle très aigu ; ces franges deviennent irrégulières et compliquées, lorsque ces surfaces sont elles-mêmes irrégulières. Dans tous les cas, elles fournissent une représentation de la forme et des accidents de la lame interposée, entre les deux verres, au même titre que les *courbes de niveau* tracées sur une carte géographique figurent le relief du sol.

Lorsque la lame a ses deux faces planes et rigoureusement parallèles, elle ne produit pas de franges dans les conditions ordinaires. Mais si on l'observe en accommodant l'œil de manière à voir nettement à l'infini, ou bien si l'on reçoit les rayons réfléchis sur une lentille convergente, il se produit sur la rétine, dans le premier cas, et dans le plan focal principal de la lentille, dans le second, une série d'anneaux circulaires plus ou moins complets suivant les conditions de l'expérience. Ces anneaux sont dus à l'interférence d'ondes planes ou de systèmes de rayons respectivement parallèles, entre lesquels les réflexions ont établi une différence de marche que la symétrie de

l'appareil distribue régulièrement et dont les vibrations sont amenées à concourir en un même point de la rétine, ou du plan focal de la lentille (1).

Mais ici encore et toujours, le phénomène observé se rattache essentiellement à la nature de la lumière et à l'épaisseur de la lame qui le provoque, par des liens connus, en sorte que le signalement de la source lumineuse s'inscrit dans ces couleurs et que le moindre changement dans la disposition de la lame entraîne une modification caractéristique dans l'aspect du phénomène.

On entrevoit, dès lors, le parti que l'on peut en tirer dans une foule de circonstances.

Ainsi, l'observation des franges d'interférence est le procédé le plus délicat que l'on puisse employer pour vérifier si les deux faces d'une lame sont exactement parallèles et pour constater de combien elles s'écartent de cette condition en chaque point. En outre, ce même phénomène nous met équivalemment entre les mains une vis micrométrique d'une régularité idéale, et dont le pas est de l'ordre même des longueurs d'onde de la lumière. De là la possibilité de l'appliquer à la mesure des épaisseurs ou des déplacements infra-microscopiques, dont il nous donnera les valeurs avec une exactitude qu'aucun autre procédé ne permettrait d'obtenir. On sait avec quel bonheur Fizeau a utilisé ces méthodes dans l'étude de la dilatation des corps (2). Enfin, l'observation des interférences se prête aussi à la mesure des longueurs d'onde elles-mêmes, quand l'épaisseur de la lame interposée est connue, et à leur comparaison dans des milieux différents, ce qui conduit à la mesure des indices de réfraction, etc.

Dans toutes ces applications, et chaque fois que la différence de marche entre les radiations qui interfèrent doit pouvoir devenir un peu grande, l'emploi d'une lumière aussi simple que possible s'impose. On n'aperçoit, en effet,

(1) Voir : Mascart, *Sur la théorie de quelques phénomènes d'interférence*, ANN. DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 4e série, t. XXIII, 1871, p. 116.

(2) Voir : ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 4e série, t. II et t. VIII.

les franges multiples que donne la lumière composée que si la lame est très mince ; mais Fizeau a montré qu'en lumière suffisamment homogène, on pouvait les obtenir avec des lames assez épaisses pour établir une différence de marche de plus de 50 000 longueurs d'ondulation. C'est peu de chose encore, et les efforts tentés pendant longtemps par d'habiles physiciens pour reculer cette limite n'ont abouti qu'à constater qu'il est beaucoup moins facile qu'on ne semble l'avoir cru d'abord d'obtenir une radiation simple. Nous touchons ici au point essentiel que nous avions en vue.

Dans ses recherches sur les interférences à grande différence de marche, Fizeau employait la lumière du sodium, et dans les conditions suivantes.

On envoie au moyen d'une lentille un faisceau de rayons parallèles provenant d'une flamme d'alcool salé sur un prisme à réflexion totale qui les rejette sur un système optique disposé pour la production des anneaux de Newton. La lentille plan-convexe est fixe et placée au-dessus de la glace plane ; une vis micrométrique permet de déplacer celle-ci parallèlement à elle-même. On observe les anneaux normalement et par réflexion, en plaçant l'œil au delà du prisme réflecteur, et on les repère à l'aide d'un système de points gravés sur la glace plane. Celle-ci est amenée, au début, au contact de la lentille ; dès qu'on l'abaisse, en agissant sur la vis micrométrique qui commande son déplacement, on voit les anneaux se mettre en marche en se refermant sur eux-mêmes, pour se rapprocher du centre où ils viennent disparaître ; en même temps, d'autres anneaux naissent sur le pourtour de la lentille et viennent prendre la place des premiers. Il est aisé de compter le nombre d'anneaux que fait passer, sur un point de repère, un déplacement déterminé de la lame plane. Or un anneau particulier est remplacé par celui qui l'enveloppait, chaque fois que l'épaisseur correspondante de la lame a varié d'une

demi-longueur d'onde $\frac{\lambda}{2}$ de la lumière supposée monochromatique, en sorte que le passage de p anneaux entraîne un accroissement e' d'épaisseur donné par la formule $e' = p\,\frac{\lambda}{2}$; cette formule pourra donc servir soit à déterminer e', soit à mesurer λ.

Tout cela découle immédiatement des principes que nous avons rappelés plus haut; mais voici ce qui nous intéresse davantage.

Lorsque, en augmentant lentement l'épaisseur de la lame, on a vu passer 400 anneaux environ, on remarque qu'ils deviennent confus ; ils disparaissent presqu'entièrement quand on en a fait passer 500, pour redevenir distincts vers 600, et retrouver toute leur netteté lorsque le défilé a amené le 1000e anneau environ sur le point de repère. Continue-t-on à augmenter la différence de marche, on voit les mêmes changements se reproduire périodiquement : les anneaux disparaissent de nouveau vers 1500, pour réapparaître vers 2000.

Nous voici donc devant un phénomène absolument comparable à celui que nous avons rencontré en étudiant l'influence du diamètre d'une source lumineuse observée au réfractomètre. D'où vient ici cette variation réglée de la visibilité des franges ? — De la non-homogénéité de la lumière employée.

En effet, le spectroscope nous apprend que la flamme de l'alcool salé est le siège de vibrations complexes qui donnent, dans le spectre, les deux raies D, très voisines, et dont les longueurs d'onde diffèrent d'environ $\frac{1}{983}$. Dès lors, pour une différence de marche convenable Δ, il y aura 983 longueurs d'onde de l'une des lumières D, et 984 de la seconde, et les deux systèmes de franges correspondants se superposeront pour donner au tableau qu'ils peignent de concert toute sa netteté et tout son éclat. Les mêmes circonstances ramèneront le même aspect, pour une différence de marche égale à 2Δ, 3Δ, ... $m\Delta$, m étant un

nombre entier. Mais pour les valeurs intermédiaires, ces systèmes de franges se séparent, alternent et se voilent mutuellement dès que les anneaux brillants du premier se superposent aux anneaux obscurs du second. Ces périodes d'accord et de désaccord se succèdent régulièrement quand on fait varier la différence de marche d'une manière continue, et donnent aux franges une visibilité variable dont la loi est manifestement dictée par la composition de la source.

Qui ne voit la portée de cette expérience et de son interprétation, surtout si on rapproche celle-ci des définitions et des principes qui, dans un cas analogue, ont permis, comme nous l'avons vu, de rattacher à la loi de visibilité des franges la mesure du diamètre apparent d'une source lumineuse de composition donnée ? Voici une raie spectrale que le spectroscope est impuissant à décomposer. On emploie sa lumière à produire des franges d'interférence correspondant, dans des conditions convenables, à des différences de marche variables. La visibilité de ces franges se modifie suivant une loi régulière plus ou moins semblable à celle qui règle leur changement dans l'expérience que nous venons de rappeler. Cette raie n'est donc pas simple, et le détail de sa structure est écrit dans l'expression même de la loi de visibilité des franges dues à l'interférence des radiations qui la composent. Il suffit de l'en dégager en s'aidant des principes et des définitions qui ont permis de lire, dans une expression analogue, la valeur du diamètre de la source lumineuse.

En d'autres termes, il est possible d'imaginer un réfractomètre interférentiel qui perfectionne le *spectroscope*, au même titre que ceux que nous avons décrits tantôt perfectionnent la *lunette* ordinaire, et qui se prête merveilleusement à l'analyse des raies spectrales elles-mêmes.

Si elles sont composées, les franges que donnera leur lumière affecteront une visibilité variable dont on relèvera l'allure et dont on fixera la loi. Cette loi étant connue,

expérimentalement, on interprétera les renseignements qu'elle nous donne sur la composition de ces raies. Il faudra pour cela s'aider d'hypothèses subsidiaires ; car à une même courbe de visibilité, correspondent souvent plusieurs modes possibles de distribution de la lumière dans la source. Mais si l'on admet — ce qui paraîtra sans doute légitime dans la question qui nous occupe — qu'une raie dans laquelle la distribution de la lumière varie suivant une loi quelconque, peut être remplacée, avec toute l'approximation désirable, par une série de sources distinctes où la lumière se concentre, le problème posé peut être parfaitement défini et la loi de visibilité détermine à la fois la largeur de chacune des raies élémentaires et leurs distances respectives, au moins dans les cas les plus simples.

Il nous reste à donner quelques indications sommaires sur le manuel opératoire suivi par M. Alb. Michelson dans ses recherches spectrales, la description du réfractomètre interférentiel qu'il y a employé et le résumé des résultats principaux auxquels il est parvenu (1).

Avant tout, il importe de veiller à la réalisation et au maintien des conditions principales que réclament la pureté et l'invariabilité des radiations de la source lumineuse.

Les radiations simples émises par un corps gazeux incandescent sont spécifiques de la substance qui les émet. C'est là une des notions fondamentales, la base même de l'analyse spectrale. Mais les physiciens qui acceptent cette donnée sur la foi des expériences dont ils ont su la dégager, savent très bien que divers agents physiques peuvent influer sur la production et l'aspect du spectre d'une vapeur. Laissons de côté l'action du champ magnétique sur laquelle une découverte importante de M. Zeeman a récemment rappelé l'attention ; il reste deux conditions,

(1) TRAVAUX ET MÉM. DU BUREAU INTERN. DES POIDS ET MESURES, t. XI, Paris, 1895, pp. 129-175.

les plus importantes, qui exercent une grande influence sur les spectres ; ce sont la température et la pression.

D'une façon générale, on peut dire que les radiations qu'émettent les sources sont d'autant plus pures qu'elles ont moins d'éclat, c'est-à-dire que la densité des gaz ou des vapeurs qui les émettent est plus faible et leur température moins élevée. Analysées au spectroscope, ces radiations donneront alors des raies plus nettes, moins larges, plus simples par conséquent, et plus facilement séparables ; tandis que si la température s'élève ces raies s'élargiront, comme si la source, rendue plus intense, produisait, outre les vibrations principales, spécifiques, d'autres vibrations parasites correspondant à des périodes voisines plus grandes et plus petites ; d'ailleurs, les effets de cette agitation tumultueuse seront d'autant plus sensibles que la pression du gaz sera plus élevée (1).

Ce phénomène est peut-être comparable à celui qu'on observe, en acoustique, lorsqu'on ébranle une corde ou que l'on fait parler un tuyau : les sons qu'ils émettent sont d'autant plus purs qu'ils sont plus faibles ; et on a souvent fait remarquer qu'il paraît conforme à la théorie cinétique des gaz : l'élargissement des raies serait dû aux collisions des molécules, et à leurs translations ; une pression plus forte, en multipliant les rencontres, modifierait la période de la source ; une augmentation de température changerait la longueur d'onde de la lumière par le mouvement

(1) M. Michelson a déterminé les courbes de visibilité pour le thallium et le lithium, enfermés dans des tubes vides d'air, et pour les mêmes substances introduites dans la flamme d'un brûleur. Ces courbes montrent que la largeur des raies est environ dix fois plus grande dans le spectre de la flamme que dans celui de la vapeur incandescente. « Cependant, ajoute-t-il, si l'on suppose la température de la flamme égale à 1500° et celle des tubes à 850°, les raies ne devraient avoir qu'une largeur double dans la flamme. On peut en conclure que, malgré la faible quantité de substance qui existe (juste assez pour colorer la flamme), sa densité réelle doit être comparable à celle de la vapeur de cette substance bouillant sous la pression atmosphérique. »

de la source — les molécules vibrantes — suivant la ligne de visée (1).

Il importe donc de placer la substance dont on veut étudier les radiations dans un tube vide d'air, où la densité de la vapeur rayonnante sera assez faible pour que ses molécules exécutent aussi librement que possible leurs vibrations caractéristiques, et où la température sera maintenue, autant que possible, au degré nécessaire à une clarté suffisante, sans provoquer des mouvements de translation excessifs des molécules.

Dans les observations de M. Alb. A. Michelson, la substance soumise à l'expérience est enfermée, sous faible densité, dans un tube de Plücker et rendue lumineuse par la décharge d'une bobine de Ruhmkorff. Une enveloppe maintenue à une température constante et aussi basse que le permettent les exigences de la clarté, entoure le tube. On dirige les radiations sur un prisme de sulfure de carbone qui les disperse et étale leur spectre sur un écran muni d'une fente ; on amène sur cette fente la raie que l'on veut étudier. Le faisceau S des rayons émis par cette raie ainsi isolée (fig. 9) est rendu parallèle par une lentille et tombe, sous l'incidence de 45°, sur une première glace P ; une légère couche d'argent, déposée sur la face antérieure de cette glace, augmente son pouvoir réflecteur sans supprimer sa transparence, en sorte que le faisceau incident se partage à peu près également en un faisceau transmis T et un faisceau réfléchi R. Le faisceau transmis rencontre normalement un miroir plan M qui le renvoie à la glace P. Là les rayons se réfléchissent sur le dos de la face argentée et se propagent finalement dans la direction S'.

Le faisceau réfléchi R traverse d'abord une glace G de même épaisseur que la première P, et qui est nécessaire

(1) Voir dans PHIL. MAG., t. XXVII, 1889, p. 298 : Lord Rayleigh, *On the limit to interference when Light is radiated from moving Molecules.*

pour égaliser les trajets parcourus, dans le verre, par les deux faisceaux ; il tombe ensuite normalement sur un miroir N, retraverse la glace G, puis la glace P, et se superpose enfin, en S', au faisceau précédent ; tous deux entrent de concert dans la lunette d'observation L, réglée sur l'infini.

Grâce à la présence de la glace de compensation G, les faisceaux R et T ont traversé trois fois, et dans les mêmes conditions, le milieu vitré, mais *leurs trajets dans l'air peuvent être rendus différents.*

En effet, le faisceau T quitte finalement la glace P pour

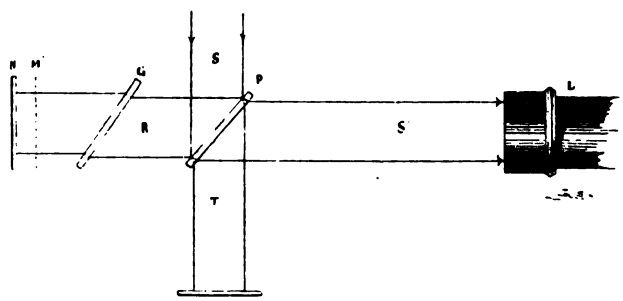


Fig. 9.

se rendre à la lunette, comme s'il avait suivi le même chemin que le faisceau R, mais en se réfléchissant sur un miroir M', image du miroir M par rapport à la surface d'entrée de la glace P. M. Michelson appelle cette image le *plan de référence*. La différence de marche des deux faisceaux superposés en S' sera donc *le double de la distance M'N qui sépare le miroir N du plan de référence M'*. Il suffit de rendre le miroir M mobile, parallèlement à lui-même, sous l'action d'une vis micrométrique, pour faire varier à volonté cette différence de marche.

Les phénomènes d'interférence que donne ce dispositif sont donc assimilables à ceux des lames de l'appareil classique de Newton ou des appareils similaires de Fizeau et de Desains. Ils se présentent avec des apparences et des

formes variées et se localisent dans des plans différents, suivant les positions relatives et les directions respectives des surfaces M et N. Lorsque la surface M et le plan de référence M' se coupent sous un très petit angle, on obtient, avec une source blanche, des franges irisées qui affectent la forme de bandes rectilignes, parallèles, symétriques par rapport à une frange centrale blanche correspondant à la ligne d'intersection, si toutes les surfaces sont bien planes. Si N et M' sont rigoureusement parallèles, les franges ne peuvent plus être obtenues qu'avec une source suffisamment simple. Elles se présentent sous forme d'anneaux concentriques dont l'axe est la perpendiculaire à ces surfaces menée par le centre optique de l'objectif, et qui se resserrent à mesure qu'on augmente la distance des surfaces; on doit les observer avec une lunette réglée sur l'infini ; c'est ce dernier cas que nous avons décrit et dont nous allons poursuivre l'application (1).

On commence les observations à partir de la coïncidence du plan de référence M' avec le miroir N, et on augmente successivement leur distance d'une quantité constante, 1^{mm}, ce qui fait croître, à chaque pas, la différence de marche de 2^{mm}. En même temps l'aspect des anneaux se transforme, leur netteté se modifie, et l'on estime chaque fois leur visibilité. On traduit en formule la loi qui règle ces variations, et on trace la courbe qui la traduit graphiquement, en prenant pour abscisse x la différence de marche, évaluée en millimètres, et pour ordonnée le nombre V qui mesure la visibilité ; ce nombre est défini par le rapport $\frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}$, comme nous l'avons indiqué en parlant de l'application du réfractomètre à la mesure des diamètres des sources lumineuses. Ces courbes accusent le plus souvent des minima à une ou plusieurs périodes, pendant que l'ordonnée moyenne diminue d'une manière

(1) On trouvera une description plus détaillée et la théorie de ce réfractomètre dans les TRAVAUX ET MÉMOIRES DU BUREAU INTERN. DES POIDS ET MESURES, t. XI, Paris 1895, pp. 10-13, pp. 115-125.

continue. Il reste enfin à interpréter les renseignements qu'elles contiennent, c'est-à-dire à déterminer le nombre, la largeur, l'intensité, les distances respectives des sources élémentaires qui, substituées à la raie observée, fourniraient la même courbe de visibilité.

Le problème est délicat et théoriquement indéterminé ; on achève de le définir en recourant, comme nous l'avons dit, aux hypothèses les plus naturelles et les plus simples sur la distribution de la lumière entre deux ou plusieurs sources élémentaires. Nous ne pouvons entrer dans le détail de cette interprétation ; il nous suffit d'avoir indiqué l'esprit de la méthode. Quelques-uns des résultats qu'elle fournit et que nous allons résumer en montreront la fécondité.

Vingt-cinq radiations de sources diverses, donnant naissance dans les spectres étalés sur l'écran à des raies simples en apparence, ont été examinées : presque toutes ont été trouvées doubles, triples ou plus complexes encore. Le micron, ou le millième du millimètre, est une unité trop grande pour se prêter à l'expression simple des distances et des largeurs de ces raies élémentaires, telles qu'elles se sont présentées dans les observations de M. Alb. Michelson. Nous prendrons avec lui, dans les exemples que nous allons citer, comme unité de distance et de largeur, la division de l'échelle de Rowland ou la fraction $\frac{1}{10\,000\,000}$ du millimètre ; nous exprimerons les longueurs d'onde en fonction de la même unité.

Les raies rouge (6562) et bleue (4861) de l'*hydrogène*, qui correspondent aux raies C et F du spectre solaire, sont toutes deux composées de deux raies semblables, dont les intensités sont dans le rapport de 10 à 7. Dans le premier groupe, C, la distance des deux radiations composantes est égale à 0,14 et leur largeur à 0,098. Dans le second groupe, F, la distance est de 0,08 et la largeur 0,114.

La raie rouge orangé (6160) de l'*oxygène* est triple ;

les intensités des trois composantes sont dans les rapports $1 : 1 : \frac{1}{2}$; leurs distances respectives 1,51 et 0,84; leur largeur 0,054.

Nous passons, pour abréger, les résultats obtenus pour chacune des raies D du *sodium*, pour le *zinc*, le *mercure*, le *thallium*, etc. ; ce qui précède suffit à montrer la puissance de la méthode.

On peut conclure du travail de M. Michelson, qu'elle permet de séparer aisément des raies dont la distance n'est que la millième partie de celle qui est comprise entre les raies D_1 et D_2 du sodium, et même de déterminer la distribution de la lumière dans les composantes isolées. Mais nous devons insister sur l'utilité pratique de ces résultats en signalant le plus important d'entre eux, celui qu'a fourni l'étude du *cadmium*.

La source lumineuse idéale que réclame l'application à la métrologie de la méthode interférentielle, serait une substance volatile aux températures ordinaires, qui ne serait pas décomposée par la décharge, qui n'attaquerait ni les électrodes, ni les parois de verre de sa prison, et qui donnerait un certain nombre de raies simples et très espacées. Ces raies auraient toutefois et nécessairement une certaine largeur; car en supposant que la température soit assez basse pour que l'élargissement dû aux translations, dans la direction de la vision, des molécules vibrantes — sources lumineuses en mouvement — soit négligeable, puisque chaque molécule vibrante transmet son énergie à l'éther sous forme d'ondes, ses vibrations amorties doivent diminuer d'amplitude; dès lors, la série des ondes n'est pas nécessairement homogène, alors même que les vibrations restent absolument isochrones ; il en résulte un élargissement des raies qui impose fatalement une limite à la différence de marche pour laquelle les interférences sont visibles.

Cette substance idéale existe-t-elle ? — Les recherches

entreprises jusqu'ici ne l'ont pas rencontrée, mais elles nous ont appris que le cadmium remplit les conditions requises, d'une manière beaucoup plus satisfaisante que tous les autres éléments examinés.

M. Michelson a découvert, dans la raie rouge (6438) de cette substance, « *une radiation presque idéalement simple* ».

Les franges d'interférence que donne cette lumière diminuent graduellement de netteté suivant une loi exponentielle, $V = 2^{-\frac{x^2}{138^2}}$. Quand la différence de marche des rayons interférents est de *10 centimètres*, la visibilité est encore supérieure à la moitié de sa valeur maxima ; elle s'efface seulement quand cette différence approche de *25 centimètres*, c'est-à-dire d'environ *400 000 longueurs d'onde*. La largeur de la raie correspondante, dans les expériences de M. Michelson, ne dépassait pas 0,012.

En outre, la vapeur de cadmium donne deux autres raies dans le spectre visible, une verte (5086) et une bleue (4800) dont la constitution est presque aussi simple que celle de la raie rouge : elles produisent encore des franges très nettement visibles avec une différence de marche de *10 centimètres*.

En réalité, la raie verte est double : les intensités des deux composantes sont dans le rapport de 5 à 1, leur distance n'est que de 0,022, et leur largeur ne dépasse pas 0,0096. La raie bleue a une constitution analogue.

Les radiations du cadmium fournissent donc aux physiciens la lumière homogène que réclame l'application étendue des méthodes interférentielles à la métrologie ; en particulier, elles ont rendu possible, et dans d'excellentes conditions, *l'établissement d'une longueur d'onde comme unité absolue*, ou l'expression, en longueurs d'onde d'une radiation lumineuse bien définie, de la valeur du *mètre*, unité pratique et base de notre système métrique.

Voici cette expression, où λ_R, λ_V et λ_B représentent les

longueurs d'onde des radiations rouge, verte et bleue du cadmium dans l'air, à 15° C et sous la pression de 760^{mm} :

$$\begin{aligned} 1 \text{ mètre} = {} & 1\,553\,163{,}5\ \lambda_R \\ & 1\,966\,249{,}7\ \lambda_V \\ & 2\,083\,372{,}1\ \lambda_B. \end{aligned}$$

On comprend pourquoi c'est à la lumière du cadmium que l'on s'est adressé pour réaliser ce rapprochement. L'existence, dans cette lumière, de trois radiations distinctes, presque idéalement simples, susceptibles d'être examinées successivement sans modifier la disposition des appareils, pouvant servir chacune, dans des conditions appropriées, comme étalon absolu de longueur, et contrôlant ainsi mutuellement les résultats qu'elles fournissent, réunissait le concours des circonstances les plus avantageuses que l'on pût espérer.

Nous n'avons pas à exposer le mode et la portée de cette comparaison du mètre aux longueurs d'onde des trois radiations simples du cadmium : ces travaux réclament un article séparé auquel cette trop longue étude servira d'introduction.

J. Thirion, S. J.

LES VARIATIONS

DE LA

TEMPÉRATURE DE L'AIR

DANS LES

Tourbillons atmosphériques et leur véritable cause

Plus une question a de l'importance dans une branche des sciences, plus il importe, en la traitant, de respecter tous droits antérieurs ou de se bien mettre au courant des travaux déjà faits pour ne pas injustement honorer celui-ci au détriment de celui-là. Cette remarque me vient malheureusement trop bien sous la plume en commençant cet article qui, tout en étant l'exposé de nos connaissances actuelles sur un point des plus sérieux de la question générale des tourbillons atmosphériques, n'en paraîtra pas moins, ce qu'il est aussi en réalité, un plaidoyer *pro domo mea*.

I

La météorologie a eu, comme premier objectif, l'étude des climats à la surface du globe. On s'est vite aperçu que cette question, en quelque sorte particulière et locale, était dominée par une autre plus générale et d'une portée plus élevée, celle des tourbillons atmosphériques. C'est à

leur incessant passage, durant la saison froide principalement, que les climats, au lieu de ne subir, dans le cours d'une année, que des modifications graduelles et modérées dues à la seule variation du soleil en déclinaison, montrent des écarts excessifs qui tantôt rappellent les froids des régions boréales, tantôt font souffrir des chaleurs des tropiques. Après plus d'un demi-siècle d'observations persévéramment poursuivies sur tous les points du globe et jusque sur les plus hautes montagnes, on ignore encore le lieu et le mode de formation de ces tourbillons pourtant si grandioses dans leur développement et dans les mouvements qu'ils provoquent ; on ignore ce qui commande leur marche et le mécanisme des phénomènes qui les accompagnent, la giration de l'air, la pluie, les orages ; on s'est mépris longtemps sur le rôle joué dans ces grands météores par la plus importante manifestation de l'énergie tenue en réserve dans notre immense atmosphère, la chaleur.

Sur ce dernier point, que nous avons à traiter en détail, deux opinions ont successivement prévalu : la première faisait de la chaleur la cause des tourbillons, la seconde fait des tourbillons mêmes la cause des variations anormales que la chaleur de l'air présente sur leur passage. La première a été émise par Espy, météorologiste américain, il y a quelque soixante ans, et soutenue brillamment par le Prof. Wm. Ferrel, un autre américain. La seconde, qui a rapidement fait son chemin, daterait de 8 ou 10 ans seulement si l'on s'en rapporte aux publications du jour sur la question ; elle date de 12 ans, c'est-à-dire de 1886, si l'on tient à la vérité historique.

D'après les météorologistes qui ont soutenu ou peuvent soutenir encore la première opinion, les tempêtes se forment par la rupture de l'équilibre instable des couches d'air d'abord au repos et surchauffées au contact du sol sur une contrée très exposée à l'action du soleil. Les masses plus chaudes et spécifiquement plus légères peu-

vent être déplacées par les masses superposées plus froides et spécifiquement plus lourdes; alors les premières s'élèvent en créant des courants centripètes sous elles; dans cette ascension, les vapeurs qu'elles emportent se condensent, augmentent la légèreté relative de l'air, diminuent, par la chaleur de condensation libérée, le refroidissement occasionné par la dilatation qui accompagne l'élévation, et accroissent par le fait même l'altitude [illegible] l'équilibre des températures étant rétabli [illegible] ascensionnel cessera finalement. [illegible] à laquelle, peu cette théorie, dite de co[illegible]servation[illegible], le mouvement région des nuages les [illegible] stations [illegible] Wm. Ferrel modifia un tution d'un éq[illegible] français [illegible] vection, et chercha dans la différentes pr[illegible]cellentes séri[illegible] onditions nécessaires à la constitemperatures, [illegible]es résultats [illegible] instable de couches ou de régions à du mouvem[illegible]on attente [illegible] en appe[illegible]ns; dans l'hypothèse d'une différence de pressio[illegible] départ. [illegible]s. En 18[illegible] c'est le cyclone qui est le point de départ nière th[illegible] critiqu[illegible]ent général; dans l'hypothèse d'une différence

Ce [illegible]uvelles[illegible]ns, c'est l'anticyclone qui devient ce point de vectio[illegible] publia[illegible] Nous n'aurons pas à nous occuper de cette derconst[illegible]ous les[illegible]éorie.

ascen[illegible]présent[illegible]ui a suffi à renverser d'un coup la théorie de conqu'à BULLET[illegible] par différence des températures initiales, c'est la supé[illegible]les m[illegible]tation que la température moyenne de la colonne la t[illegible] moyen[illegible]dante d'un cyclone depuis le niveau de la mer jusdér[illegible] faites [illegible] l'altitude de 4000 mètres, non seulement n'était pas inv[illegible] Ponti[illegible]rieure, mais était même en réalité un peu inférieure à des long[illegible] température moyenne normale de cette colonne consirie de la[illegible]ée en dehors des mouvements tourbillonnaires; et no[illegible] princi[illegible]ersement que la température moyenne de la colonne t[illegible] tions [illegible]cendante dans un anticyclone, qui devrait être infépouva[illegible]ure, était un peu supérieure même à la température la su[illegible]rmale. Cette constatation a été l'un des premiers résulsions[illegible]ts obtenus par la création des observatoires de mon-

Il [illegible]agnes. Prenons la question à son origine.

II

Normalement la température de l'air baisse de 0°,6 environ par 100 mètres d'élévation, du moins dans les couches inférieures de notre atmosphère. De récentes observations faites à l'aide de ballons-sondes ont indiqué des températures de — 50° et — 60° centigrades entre 14 000 et 18 000 mètres d'altitude.

Ces conditions normales sont loin d'être invariables. Il y a plus de 30 ans que de véritables inversions de la température ont été signalées en haute[illegible]s de faibles limites d'altitude il est vrai. Depuis [illegible] phénomènes de stations d'observation sur les montagnes, [illegible] reconnu que ce phénomène s'étendait parfois très haut, en hiver, alors surtout que la pression était élevée. C'est [illegible] l'étude de quelques faits de ce genre plus remarquables qui a conduit M. Hann, de Vienne, à formuler sa théorie du *fœhn*, vent chaud ressenti parfois, en hiver, dans certaines valées des Alpes. Jusqu'en 1886 on connaissait donc beaucoup de faits semblables; mais on n'entrevoyait pas alors la liaison qu'ils pouvaient avoir avec les tourbillons atmosphériques : les idées régnantes sur leur mode de génération y faisaient certainement obstacle.

Mais ce fut précisément la singulière anomalie de ces faits d'inversion et leur contradiction avec la théorie de convection qui m'engagèrent à étudier la question de plus près. J'y étais, du reste, préparé par l'étude que j'avais faite des typhons des mers de la Chine de 1879 à 188[illegible]; je m'étais convaincu que ces terribles météores, nés dans les solitudes du Pacifique, devaient leur formation à tout autre chose qu'à une différence de température entre deux régions ou superposées ou contiguës; et déjà j'en avais tiré la conclusion que les variations observées dans la température de l'air sur le passage, soit de ces typhons, en été, soit surtout des dépressions innombrables qui sor-

tent de l'Asie, en hiver, n'étaient et ne pouvaient être que le résultat des mouvements de masse constituant ces grands phénomènes.

J'employai toute l'année 1885 à réunir les matériaux de l'étude que je voulais faire de ces variations de la température dans les cyclones; je choisis les tourbillons de l'hiver avant tout, parce qu'ils sont très nombreux, mieux observés et que les températures y présentent plus de contraste. Les bulletins du Bureau central météorologique de Paris et ceux du Weather Bureau de Washington me fournirent surtout les observations des stations de montagnes; nos diverses stations chinoises, entre les mains des missionnaires français et belges, mirent à ma disposition d'excellentes séries d'observations en stations de plaines. Les résultats de cette étude dépassèrent de beaucoup mon attente : je les publiai au commencement de 1886, en appendice à un mémoire sur l'*Inclinaison des vents*. En 1887, dans une deuxième note, je répondis à des critiques faites à cette première étude, en ajoutant de nouvelles observations aux précédentes. A la fin de 1888, je publiai dans le Cosmos un article où, après avoir résumé tous les résultats obtenus les deux années précédentes, je présentais encore de nouvelles observations tirées du Bulletin international de Paris et se rapportant, pour les mois d'été, aux stations de montagnes françaises de moyennes altitudes, comparées avec les observations faites à Paris même. Enfin, cette année 1898, l'Académie Pontificale des « Nuovi Lincei » vient de publier un assez long mémoire, complément des précédents, où j'ai prouvé de la manière la plus évidente, me semble-t-il, que le principe, qui m'avait ailleurs servi à expliquer les variations de la température selon la verticale dans les cyclones, pouvait et devait être appliqué aux variations observées à la surface même de l'Europe sur le passage des dépressions sorties, en hiver, de l'Atlantique.

Il ne sera pas inutile de réunir ici en un tableau les

différents documents que j'ai étudiés et sur lesquels j'ai appuyé les conclusions si nettes publiées dès 1886 et dont je n'ai pas eu à retrancher ou à changer un seul mot dans ma dernière publication.

ALTITUDES	STATIONS ÉTUDIÉES	OBSERVATIONS UTILISÉES		
7m	Zi-ka-wei, Chine	Moyennes diurnes	1878—1883	6 années.
21	Manille, Philippines	Id.	1881—1882	2 id.
30	Tchang-kia-tchouang, Chine	Id.	1882—1883	2 id.
40	Touroushansk, Sibérie	7 du matin	1879—1882	3 id.
135	Tomsk, Sibérie	7 id.	1880—1881	2 id.
388	Puy-de-Dôme, plaine	6 id.	1879—1881	3 id.
1467	Puy-de-Dôme, montagne	6 id.	1879—1883	7 id.
1500	Soung-chou-tchouang, Mongolie	Jan. fév. mars	1882	3 mois.
2060	Mont Washington, États-Unis	50 cas d'inversion de la température. Moyennes diurnes	1875—1884	9 hivers.
2366	Pic-du-Midi, Pyrénées	6 du matin	1881—1885	5 hivers, 5 étés
4313	Pike's Peak, Montagnes Rocheuses	8 id.	1879—1883	4 hivers, 4 étés
49m	Paris, Parc St-Maur	7 du matin	du 8 mai au 12 août 1888.	
1216	Servance, France	id.	id.	
1298	Briançon, id.	id.	id.	
1467	Puy-de-Dôme, id.	id.	id.	
2366	Pic-du-Midi, id.	id.	id.	

Enfin pour tout le continent européen, les observations internationales de 1884 à 1898 et en particulier les mois de janvier, février et mars 1895.

III

Pour chacune des stations de plaines et de montagnes, j'ai procédé absolument de la même manière. Soit que j'aie eu à comparer des moyennes diurnes, ou que j'aie dû me contenter d'une seule observation par jour, toujours j'ai inscrit dans un tableau, divisé en autant de colonnes que la variation absolue de la pression comptait de millimètres, la température relevée au même instant que la hauteur du baromètre. J'ai fait ensuite la moyenne de ces diverses températures et ce sont, sans autre calcul, sans autre manipulation de chiffres et surtout sans prétendre,

en les arrangeant, leur faire confirmer ce qui aurait pu être chez moi, comme chez d'autres, une idée préconçue, ce sont, dis-je, ces moyennes elles-mêmes que j'ai publiées en regard des moyennes pressions correspondantes. Si la méthode est parfaitement acceptable pour les stations inférieures et personne ne le nie, si elle donne alors des résultats très proches de la vérité, elle doit être acceptable pour les stations supérieures et les résultats obtenus doivent avoir la même valeur que les autres. Voici les principaux.

Température et pression sur le passage des cyclones, en hiver

ZI-KA-WEI (7 mètres)		PUY-DE-DOME PLAINE (388 mètres)		PUY-DE-DOME SOMMET (1467 mètres)		PIC-DU-MIDI (2366 mètres)		PIKE'S PEAK (4313 mètres)	
Mill.	°	Mill.	°	Mill.	°	Mill.	°	Mill.	°
780	—3,5 c.	744	—8,9 c.	656	1,8 c.	552	—4,8 c.	460	—11,3 c.
78	—0,7	40	—7,2	52	2,4	48	—2,2	56	—10,9
76	0,4	36	—5,6	48	—1,1	44	—4,5	52	—12.0
74	2,0	32	—2,5	44	—1,2	40	—6,8	48	—14.4
72	2,9	28	—0,7	40	—2,9	36	—8,7	44	—17,3
70	4,3	24	—1,1	36	—2,6	32	—9,4	40	—20,1
68	5,2	20	0,2	32	—3,7	28	—11,1	36	—23,4
66	7,3	16	0,2	28	—3,4	24	—13,5	32	—32,5
64	7,8	12	2,5	24	—4,9	20	—14,9		
62	9,0	08	2,3	20	—3,5				
60	10,4								
58	13,4								
(1879-1883)		(1879-1881)		(1879-1883)		(1881-1885)		(1879-1883)	

Pour aider le lecteur à bien saisir toute la portée de ces séries de moyennes comparées, j'ai supposé, dans le tableau suivant, que les différents observateurs ne considèrent qu'une chose, comment, à partir de la plus forte pression et de la température observée à ce moment, le thermomètre va varier à mesure que la pression baissera à l'approche du cyclone.

VARIATION DE LA PRESSION	ZI-KA-WEI (7 mètres)	PUY-DE-DOME PLAINE (388 mètres)	PUY-DE-DOME MONTAGNE (1467 mètres)	PIC-DU-MIDI (2366 mètres)	PIKE'S PEAK (4313 mètres)
Millim.	°	°	°	°	°
0	0 centig.	0 centig.	0 centig.	0 centig.	0 centig.
—4	3,9	1,7	0,6	2,6	1,4
—8	6,4	3,3	—2,9	0,5	—0,7
—12	8,7	6,4	—3,0	—2,0	—3,1
—16	11,3	8,2	—4,7	—3,9	—6,0
—20	13,9	7,9	—4,4	—4,6	—8,8
—24	17,0	9,1	—5,5	—6,3	—12,1
—28		9,1	—5,2	—8,7	—21,2
—32		11,4	—6,7	—10,1	
—36		11,2	—5,3		

Tout météorologiste de bonne foi, qui n'a pas une théorie préconçue à faire prévaloir, accordera à ces résultats une valeur considérable, et la seule conclusion qu'il se verra forcé d'en tirer, est certainement et uniquement celle que j'ai formulée en 1886 : Au niveau de la mer et dans les couches de l'air inférieures à 1200 mètres d'altitude, la température dans un tourbillon atmosphérique (cyclone et anticyclone) varie en *sens inverse* de la pression, tandis que, dans les couches supérieures à cette altitude, elle varie *comme* la pression, celle-ci étant minimum le long de l'axe du cyclone et maximum le long de l'axe de l'anticyclone.

Cette loi est générale, aussi vraie en été qu'en hiver, ce que j'ai du reste prouvé par de bons exemples. Les cas d'inversion de la température par haute pression sont des cas où la loi a été vérifiée d'une manière en quelque sorte exagérée ; dans les cas ordinaires, c'est la variation de la température seulement qui est inversée dans l'anticyclone, non la température elle-même, comme on le voit assez par les tableaux précédents. L'année même où je publiai ces recherches (1886), mon mémoire fut traduit en anglais et parut dans l'AMERICAN METEOROLOGICAL JOURNAL de Washington. Avant la fin de cette même année, j'étais déjà en correspondance active avec un météorologiste améri-

cain. M. Hazen, qui critiquait tout, méthode, résultats et conclusions, et qui m'opposait la station élevée du Mont Washington (2060 mètres) comme directement en contradiction avec tout ce que j'avais tiré des autres montagnes. L'attaque étant sérieuse, je crus bon de donner à ma réponse la même publicité qu'à ma première note, et elle parut en 1887. Comme j'avais entre les mains toutes les observations de l'observatoire du Mont Washington, j'en fis la revue, d'abord selon la méthode qui m'avait été suggérée par mon critique, c'est-à-dire en superposant les dépressions, ensuite selon la méthode qui m'avait donné par ailleurs les résultats incriminés. De 1875 à 1884, je relevai pour cette montagne des États-Unis 50 cas de profondes dépressions barométriques accusant nettement l'inversion de la variation de la température. Je les superposai minimum à minimum, et je cherchai pour chacune d'elles la température sur deux points de la trajectoire présentant, l'un en avant, l'autre en arrière, une différence de 15 millimètres environ avec le minimum barométrique observé : je crois que c'était la seule manière pratique et vraiment logique de faire donner à la méthode des superpositions quelque résultat utile.

Voici ce que me donnèrent les 50 bourrasques en question ainsi superposées :

Température au Mont Washington modifiée par le progrès de la dépression

(2060 mètres)

AVANT LE MOMENT DU MINIMUM (Barom. 15 mill. plus élevé)	AU MOMENT MÊME DU MINIMUM BAROMÉTRIQUE	APRÈS LE MOMENT DU MINIMUM (Barom. 15 mill. plus élevé)
−8°,0	−25°,0	−12°,7

Cela seul aurait suffi à légitimer mes précédentes conclusions. J'ajoute cependant qu'il n'y aurait rien d'étonnant à ce que dans certaines dépressions la ligne de séparation

entre les deux variations inverse et directe de la température (avec la pression) ne fût reportée au-dessus et même notablement au-dessus de 2000 mètres d'altitude ; dans ces cas-là, évidemment, le Mont Washington se comporterait comme une station de plaine. Mais il n'en reste pas moins évident que, dans le plus grand nombre des cas, cette station élevée ne fait pas exception à la loi que j'ai établie.

Rien au reste de plus manifeste, si on traite les observations comme je l'avais fait pour les autres stations de montagnes. J'ai pris la peine de comparer ainsi les deux valeurs de la pression et de la température relevées à la même heure, chaque matin, pendant les cinq mois froids, de novembre à mars, des neuf années écoulées de 1875 à 1884 : c'est un ensemble de 1365 observations pour chacun des deux phénomènes concomitants.

MONT WASHINGTON (2060 mètres)

Moyennes variations simultanées de la température et de la pression — 45 mois d'hiver

BAROMÈTRE (Millimètres)	THERMOMÈTRE (Centigrade)	NOMBRE DES OBSERVATIONS
—	—	—
	°	
612	—4,7	26
608	—6,9	92
604	—8,9	195
600	—10,6	261
596	—12,2	317
592	—14,5	209
588	—15,9	152
584	—19,3	70
580	—18,2	28
576	—21,9	9
572	—24,7	6

MOYENNE TEMPÉRATURE
—12°,3

Je ne m'arrête pas à faire remarquer la similitude absolue de ces variations avec celles du Pic-du-Midi et

du Pike's Peak. Avec cela il est clair que la superposition des dépressions ne pouvait donner d'autres résultats que ceux rapportés ci-dessus.

IV

Le Dr J. Hann, de Vienne, dans l'article du METEOROLOGISCHE ZEITSCHRIFT, janvier 1888, qu'il consacra à la revision de mes deux mémoires de 1886 et 1887, se refusa à admettre que dans le cyclone, au haut des montagnes, la température fût si basse que je le disais; que si certaines observations au Mont Washington étaient telles, la cause en était dans un changement de vent, du SW au NW, le premier étant naturellement chaud, le second très froid. Le savant météorologiste était manifestement embarrassé par les faits que j'avais cités, et son objection ou plutôt son explication se ressentait de cette disposition d'esprit. Moins de prévention et un peu plus d'attention lui auraient permis de voir par les 50 cas que j'avais relatés, et mieux par les bulletins mêmes de cette station élevée, que si, au Mont Washington, le vent de S ou de SW fait quelques apparitions, c'est comme exception et exception digne même d'être notée. Dans ces parages, à cette altitude, un seul vent souffle tout l'hiver, c'est le vent de NW toujours violent, furieux comme un ouragan sur le passage des minima barométriques, mais toujours le NW. On me saura gré de citer ici quatre cas choisis dans quatre mois et en quatre années différentes.

MONT WASHINGTON (2060 mètres)

		Mill.	o		Milles			Mill.	o		Milles
1876 Fév.	22	594,1	—9,4	NW	48	1877 Janv.	22	601,0	—15,0	NW	50
	23	80,4	—26,1	NW	68		23	593,1	—20,0	NW	50
	24	71,2	—38,9	NW	75		24	87,5	—20,6	NW	60
	25	87,8	—21,7	NW	78		25	80,1	—37,2	NW	120
	26	89,3	—21,7	NW	118		26	92,6	—26,1	NW	40
	27	99,7	—13,9	NW	10		27	90,0	—12,2	NW	48

		Mill.	°		Milles			Mill.	°		Milles
1881 Oct.	25	593,3	+2,2	NW	34	1883 Mars	2	595,1	−5,6	NW	70
	26	84,2	−18,3	NW	78		3	95,3	−22,8	NW	38
	27	89,3	−17,2	NW	120		4	88,3	−30,0	NW	56
	28	602,2	−8,3	NW	70		5	87,0	−34,9	NW	84
	29	609,1	0,0	NW	18		6	98,0	−22,5	W	32

Quelles énormes variations de la température et à de si courts intervalles ! Comme les minima y coïncident bien toujours avec les minima de la pression ! Quelle constance dans ces vents de NW, et quelle violence quand leur vitesse atteint 120 milles à l'heure ! Si dans les hautes pressions le thermomètre monte à — 5°, dans les basses pressions il tombe à —30° et même à —39° : l'excès dans les deux sens est bien de même importance.

En voici un autre exemple, pour le Puy-de-Dôme en France.

Puy-de-Dôme (France)

BASSES PRESSIONS

		Barom.	Thermom.	Hygrom.
		mm	°	
1er décembre 1879	Sommet .	626,8	−10,3	100 %
7 h. du mat.	Plaine . .	720,4	−3,3	85

HAUTES PRESSIONS

		Barom.	Thermom.	Hygrom.
		mm	°	
23 décembre 1879	Sommet .	651,1	2,5	34 %
7 h. du mat.	Plaine . .	743,5	−7,2	79

Les moyennes mensuelles sont, pour comparaison :

		mm	°	
Décembre 1879	Sommet .	640,8	−4,2	66 %
7 h. du mat.	Plaine . .	734,7	−6,2	82

Par haute pression, au sommet, l'excès de chaleur est de 6°,7 ; par basse pression, l'excès de froid est de — 6°,1. Que veut-on de mieux ? On m'avait objecté que les con-

densations inévitables dans le cyclone devaient prévenir le refroidissement sur les montagnes ; et voici que le froid se manifeste malgré le brouillard et au milieu de la saturation de l'air. On a aussi prétendu expliquer, j'anticipe un peu, le refroidissement par hautes pressions dans les plaines par le rayonnement de la terre sous un ciel pur, par vent sec et en l'absence du soleil ; et voici que le 23 décembre, au Puy-de-Dôme, par haute pression, par ciel absolument pur, par vent d'ESE très sec, et à 7 h. du matin, au cœur de l'hiver, l'air se réchauffe au point de dépasser de 6° sa température normale à cette heure et dans ce mois !

Il est, du reste, facile de trancher toute cette question d'un coup en calculant la température moyenne correspondant, pour les cinq altitudes du tableau de la page 527, aux deux moyennes pressions qu'on pourrait considérer comme les pressions de la phase anticyclonique et de la phase cyclonique des tourbillons. Voici le résultat de ce calcul, sous forme d'excès sur la température normale.

ALTITUDES	ANTICYCLONE EXCÈS SUR LA TEMPÉR. NORMALE	TEMPÉRAT. NORMALE DE LA COUCHE	CYCLONE EXCÈS SUR LA TEMPÉR. NORMALE
—	—	—	—
	°	°	°
4313	4,3	—16,4	—6,9
2566	1,5	—6,9	—4,6
1467	2,2	—2,4	—1,2
388	—2,4	—2,6	3,4
7	—3,6	4,5	4,4
Moyennes tempér.	—4,4	—5,0	—5,7
Moyens excès . .	0.6	—	—0,7

D'après ces chiffres la présence d'un cyclone, entre 2000 et 4000 mètres, abaisserait donc la température de l'air plus même que la présence d'un anticyclone ne l'y élèverait. D'autre part, la colonne cyclonique, du niveau de la mer à l'altitude de 4000 mètres, serait dans son ensemble un peu plus froide que la colonne anticyclonique. Ce

seul fait rend, je l'ai dit en commençant, inadmissibles toutes les théories des tourbillons par convection, c'est-à-dire qui font naître ces météores d'un échange d'air entre deux régions, l'une chaude (cyclonique), l'autre froide (anticyclonique).

Nous voilà maintenant en possession de données certaines, de faits incontestables.

V

Certes, on avouera bien que la question est aussi importante qu'elle est intéressante, et je crois qu'elle a été exposée aussi nettement que possible dans mes diverses publications de 1886, 1887 et 1888. Personne n'a réclamé contre moi une priorité quelconque dans ces recherches. On a fait grand honneur aux résultats obtenus ; on a été jusqu'à les déclarer la base d'une météorologie nouvelle. Mais... cette base ce n'est pas moi qui l'aurais posée !...

1° L'Académie des Sciences, dans sa séance du 27 mai 1890, entendait M. Faye lui dire : « Les observations de M. Hazen (États-Unis) (1889) ne portent que sur une seule station, celle du Mont Washington dont l'altitude dépasse à peine 1900 mètres. Il était donc important de voir si les mêmes conclusions s'étendraient à un cyclone étudié d'un grand nombre de stations à la fois et sur une hauteur beaucoup plus considérable. *C'est ce qu'a fait M. Hann*, Directeur de l'Institut météorologique autrichien, dans un mémoire lu le 17 avril dernier à l'Académie des Sciences de Vienne et dont il a bien voulu m'adresser un compte rendu (1)... La conclusion qu'en tire M. Hann, en

(1) J'avoue que j'avais négligé d'adresser à M. Faye un exemplaire de mes deux mémoires de 1886 et 1887. Mais l'Académie des Sciences les possédait dans sa bibliothèque, et un savant aussi intéressé à la question ne devait pas l'ignorer. C'est si vrai qu'il m'a nommé, au début de sa communication, comme m'en étant occupé ainsi que d'autres, et c'est tout.

Europe, est aussi nette et plus énergique encore que celle de M. Hazen, aux États-Unis : « Nous sommes redevables aux observatoires de montagne d'être affranchis désormais de ce préjugé, suggéré par les observations faites à la surface de la Terre, d'après lequel les températures dans les cyclones et les anticyclones devaient être la condition première de ces phénomènes. »

2° En 1894, le Prof. W. M. Davis, de Harvard College, Cambridge, Mass., a publié une excellente Météorologie élémentaire. J'y trouve, page 220 : « Il importait souverainement de soumettre à une épreuve impartiale les deux théories par lesquelles on pense expliquer la formation des cyclones et anticyclones extra-tropicaux (différences de température à la surface de la Terre — irrégularités dans les courants généraux supérieurs). *Cette épreuve vient d'être magistralement faite par M. Hann* dans ses études sur les températures des cyclones et anticyclones, d'après les observations faites dans les Alpes. » Des miennes, antécédentes et bien autrement complètes et décisives, pas un mot.

3° THE AMERICAN METEOROLOGICAL JOURNAL, n° de mars 1896, contient un article du météorologiste américain, M. Hazen, nommé ci-dessus par M. Faye, sur les cyclones et les anticyclones. Il fait la revue des théories par lesquelles on a cherché à expliquer ces phénomènes ; il cite aussi ses propres recherches à l'égard du Mont Washington ; puis il ajoute : « Nous arrivons maintenant aux recherches les plus étonnantes qui aient été faites en météorologie et par lesquelles *le Dr Hann, de Vienne*, s'est efforcé de montrer que la loi usuelle au niveau de la mer est exactement renversée au Mont Washington ou à toute hauteur au-dessus de 2000 mètres et que là la température, au centre d'un cyclone, est plus basse qu'au centre d'un anticyclone »... Suit une charge à fond contre la méthode suivie dans cette étude par le météorologiste autrichien et contre ses conclusions, le critique affirmant

à nouveau que tout se passe au sommet des montagnes comme dans la plaine, si l'on prend la précaution (il y a un *si* et une manipulation de chiffres) de reculer de *seize heures* (!) la température pour faire coïncider ses variations avec celles de la plaine !... Que pensera-t-on de la mémoire de M. Hazen, quand on saura que 10 années plus tôt, en 1886, c'est à moi-même, alors Directeur de l'Observatoire de Zi-ka-wei en Chine, que ces mêmes critiques étaient adressées par lettres, critiques auxquelles je crus bon, comme je l'ai dit, de répondre publiquement par ma deuxième note de 1887 ? L'état de ma santé m'ayant contraint cette année même à quitter la Chine, je n'ai pas su l'accueil qui fut fait en Amérique à ma réponse ; mais elle reste entière encore aujourd'hui, comme on l'a vu par ce que j'en ai dit au cours du présent travail. Détail curieux, bon à relever, M. Hazen, qui se croit autorisé, pour appuyer ses idées, à rapporter la température observée à un moment donné à la pression observée seize heures plus tard, reproche avec aigreur et une pointe d'ironie à M. Hann de l'avoir, lui, rapportée à la pression observée vingt-quatre heures auparavant ! Que ces savants commencent par s'entendre sur le travail à exécuter dans l'arrangement des chiffres pour leur faire dire ce que nous aurons à croire. En attendant, je m'en tiens à mes très simples comparaisons et aux résultats qu'elles m'ont donnés ; sans y avoir mis du mien, ils sont nets, concordants, facilement expliqués ; et mon explication est d'autant plus valable, qu'elle s'applique tout aussi bien aux variations de la température considérées dans un plan horizontal, du cyclone à l'anticyclone, comme je le dirai plus loin.

4° L'Annuaire de l'Observatoire Royal de Belgique, pour l'année 1898, contient parmi ses notices scientifiques une étude météorologique par M. Vincent, météorologiste à l'Observatoire Royal. Il y est question encore des cyclones et des anticyclones, comme dans l'article de M. Hazen ; et comme le météorologiste américain,

après avoir développé la théorie d'Espy, le météorologiste belge continue en ces termes : « Cette théorie fut longtemps acceptée, bien que les faits ne la confirmassent pas toujours. Un météorologiste autrichien, *M. J. Hann, émit des doutes sérieux à son sujet en 1888.* Depuis lors, il démontra dans plusieurs travaux que cette théorie est fausse. M. J. Hann ne s'est pas contenté d'utiliser les observations faites dans la couche la plus inférieure de l'atmosphère ; il a eu recours, en outre, à celles que l'on possède pour les couches les plus élevées, jusqu'à une hauteur de 3000 mètres... » Je fais observer que mes deux mémoires de 1886 et 1887, ainsi que toutes les publications faites à Zi-ka-wei depuis 1874, font partie de la bibliothèque de l'Observatoire Royal de Belgique.

J'arrête ici mes citations ; c'en est assez pour montrer que, si j'ai eu à travailler pour rassembler et mettre en œuvre les matériaux nombreux qui m'ont conduit à la loi des variations de la température dans les cyclones ; si j'ai ouvertement rejeté la théorie de convection, en affirmant et en prouvant que les températures observées dans ces tourbillons n'étaient que la conséquence des mouvements de masse qui s'y produisaient, je n'ai pas travaillé pour moi, mais pour la bonne fortune d'un autre et cette bonne fortune, il faut malheureusement le reconnaître, n'a pas jusqu'ici paru lourde à ses épaules.

VI

Voyons donc les titres que M. Hann peut présenter pour légitimer l'honneur qu'il accepte d'être proclamé le fondateur de la météorologie moderne, en raison de ses recherches sur les variations de la température dans les cyclones selon l'altitude.

Mon premier mémoire sur la question a été distribué, en avril 1886, à tous les observatoires alors en relations

d'échange avec l'Observatoire de Zi-ka-wei ; l'Observatoire central de Vienne, dirigé alors par M. Hann, était le dernier qui pût être oublié dans cette distribution ; d'ailleurs, je reçus immédiatement l'accusé de réception ordinaire. Or, à cette époque les travaux d'érection d'une station météorologique au Sonnblick, dans le Tyrol (3090 mètres) allaient s'achever, mais les observations ne devaient commencer qu'avec le mois d'octobre suivant. Dès le mois d'avril 1887, *juste un an après ma publication de 1886*, M. Hann s'empressait de faire connaître au monde savant les résultats d'une étude rapide des trois premiers mois d'observations de cette station élevée. Sur quoi pense-t-on que s'était tout d'abord arrêtée son attention ? Précisément sur les rapports de la température avec la pression selon l'altitude !... Après la réception et la lecture de mon étude, rien de plus naturel ; l'importance de la question avait évidemment sauté aux yeux du Directeur de l'Observatoire central, déjà mis en éveil par ses recherches sur le fœhn dans les Alpes. J'avais du premier coup donné à la question toute l'extension et, j'ose le dire, la seule solution qu'elle comportait ; et je comprends qu'il ait tenu à vérifier immédiatement, dans les premières observations du Sonnblick, le fait et la loi si catégoriquement affirmés dans mon mémoire. M. Hann ne crut même pas devoir adopter dans son étude une méthode différente de la mienne. Voici ce qu'il trouva en comparant les observations du Sonnblick avec celles faites aux mêmes moments dans deux autres stations voisines de moindre élévation.

PRESSIONS MOYENNES	ZELL (754 mètres)	SCHAFBERG (1780 mètres)	SONNBLICK (3090 mètres)	NOMBRE DES OBSERVATIONS
—	—	—	—	—
mm	°	°	°	
509,1	—5,9	—9,0	—16,4	20
515,5	—4,6	—6,6	—15,1	40
523,2	—6,8	—2,8	—11,5	20
529,5	—8,9	+1,4	—7,7	10

C'est net, c'est concluant malgré le petit nombre d'observations utilisées; cela prouve au moins que le fait d'une inversion de la variation de la température à partir de 1200 mètres est normal, comme je l'avais dit, dans les dépressions. M. Hann en a conclu qu'en hiver, dans les hautes stations, la température dépend *avant tout* de la pression. C'est moins net; cela semble même en contradiction avec les séries des moyennes présentées, puisque l'une d'elles, celle de la station de Zell, nous offre justement le contraire des deux autres. Un phénomène qui varie ici en raison directe, là en raison inverse d'un autre, comment peut-on logiquement dire qu'il dépend *avant tout* de cet autre ? Cependant on devine la pensée du météorologiste; il entrevoit l'exactitude de ce que j'ai si catégoriquement affirmé, que les variations dans la température sont la conséquence, non la cause des mouvements tourbillonnaires; il dit la conséquence, non la cause des variations de la *pression*, ce qui est inexact pris à la lettre. Il concluait juste ensuite, en répétant après moi que les variations de la pression et de la température suivent, à l'altitude du Sonnblick, une marche inverse de celle qu'elles suivent dans la plaine. Mais à moi, aux très nombreuses séries d'observations que j'avais étudiées, à mes conclusions de l'année précédente, pas la moindre allusion. Je me trompe; il me semble presque impossible que la remarque finale n'ait pas été inspirée à l'auteur par celle même qui terminait mon mémoire. J'avais dit : « Qu'on me permette de demander si ces phénomènes étaient connus jusqu'à ce jour, connus surtout dans toute la généralité que les observations si nombreuses et si concordantes, empruntées à des recueils authentiques, autorisent maintenant à leur donner. » M. Hann fait suivre les résultats de trois mois seulement d'observations de cette remarque étrange : « Jusqu'ici ce fait n'avait pas été reconnu avec la précision qui ressort des tableaux précédents. » Je m'abstiens de toute réflexion. Par tout ce que

j'ai dit, les lecteurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES sauront ce qu'ils doivent penser de ces deux remarques finales. Il n'est pas inutile cependant de rappeler que M. Hann était le Rédacteur en chef du METEOROLOGISCHE ZEITSCHRIFT, et que rien de ce qui passait par ses mains et intéressait la météorologie ne devait échapper à son attention : mon mémoire devait-il être une exception ?

Telle est l'origine de la méprise dans laquelle sont tombés, volontairement ou involontairement, les météorologistes qui ont écrit, depuis, pour ou contre ce que nos conclusions ont eu de commun.

Je devais à l'Observatoire que je dirigeais depuis plus de dix ans, je devais à la Compagnie de Jésus qui l'avait fondé et l'entretenait sans l'appui d'aucun Gouvernement, de protester contre un acte semblable. M. Hann s'exécuta alors dans un nouvel article du METEOROLOGISCHE ZEITSCHRIFT, en janvier 1888; il y avoua ma priorité et reproduisit les principales séries d'observations de mes deux mémoires de 1886 et 1887, en les faisant suivre de cette remarque qui rachetait en partie ce que son précédent article pouvait avoir eu de désobligeant pour moi : « La variation opposée de la température, en bas et en haut, pour les mêmes variations de la pression ressort de ces séries avec une clarté surprenante. » Il n'admettait pas toutefois les explications que j'avais données : c'était son droit; mais il avait fait, quoique tardivement, ce qu'il devait pour sauvegarder le mien en cette circonstance. Qu'il me permette toutefois de lui demander si, dans la suite, il a fait ce qu'il devait aussi pour empêcher l'opinion de s'égarer de nouveau sur son nom, et si l'oubli où sont tombés mes propres travaux n'est pas un peu de sa faute.

Au commencement de 1890, M. Hann publia un troisième article sur la question. Il avait mis à profit, d'abord une profonde dépression qui s'étendit au massif des Alpes en octobre 1889, ensuite un fort anticyclone qui s'y

attarda du 12 au 24 novembre suivant. C'est ce troisième article qui devint le véritable point de départ de la méprise qu'on sait, quoiqu'il ne fît rien connaître de nouveau, du moins après mes publications. Mais M. Hann prenait occasion de ces nouvelles recherches pour déclarer ouvertement inadmissible désormais la théorie de convection et pour affirmer que la température, loin d'être la cause des mouvements dans le tourbillon, n'en était elle-même que la conséquence. En donnant cela comme de lui-même et sans mentionner mes affirmations antécédentes, il cherchait manifestement à rejeter mes travaux dans l'oubli ; il avait vérifié par lui-même ce que j'avais dit avec toute la clarté désirable plus de trois années auparavant, et il prétendait, en se l'appropriant, monopoliser cette découverte et en tirer sa gloire. J'ai protesté à l'Académie des Sciences, et je proteste à nouveau contre ces procédés d'un collègue haut placé et déjà renommé. Comment M. Hann n'a-t-il pas eu la pleine conscience du tort qu'il me faisait en écrivant son article, lorsqu'il a laissé M. Faye en parler avec enthousiasme à l'Académie, lorsqu'il a laissé se produire la violente attaque de M. Hazen contre ses conclusions, lorsqu'il a accepté les louanges de M. le Professeur Davis dans son livre et de M. Vincent dans sa notice ?

Le lecteur sait maintenant comment un seul nom, celui de M. Hann, est resté attaché à cette importante question de la température dans les cyclones (1).

(1) Mon mémoire de 1886 pourrait donner lieu encore à une autre revendication tout aussi édifiante. La première partie contenait la description, avec dessins sous les différentes formes que j'avais expérimentées en Chine, du clino-anémomètre ou moulinet à palettes inclinées (non hélicoïdales) pour mesurer l'inclinaison du vent sur l'horizon. On osa l'exhiber à l'Exposition universelle, au haut de la Tour Eiffel, sous un autre nom que le mien ; il y est demeuré depuis. Or, quoique mon droit à lui donner mon nom ait été proclamé, après enquête par le journal Cosmos (24 mai 1890) sans que personne ensuite ait jamais protesté, ni le Catalogue de la maison Richard qui s'est chargée de le construire, ni les Bulletins des différents observatoires qui l'emploient, ne le désignent sous son vrai nom de clino-

VII

Il est temps que je donne, de tous ces phénomènes, l'explication qui m'a semblé la plus naturelle. Mon principe est des plus simples et il a une application universelle, qu'il s'agisse de courants verticaux ou de courants horizontaux. Il y a réchauffement partout où l'air subit une compression, et il y a refroidissement partout où il subit une détente ou dilatation.

Dans la partie cyclonique d'un tourbillon, il y a ascension et dilatation de l'air; dilatation surtout, parce que la giration ajoute son effet centrifuge à la cause première, quelle qu'elle soit, qui a provoqué la diminution générale de la pression sur ce point du globe et occasionné l'élévation des masses inférieures. J'ai dit déjà que, d'après l'idée que je me suis faite du phénomène, cette cause a sa principale action dans les couches moyennement élevées où l'air a sa plus grande vitesse de translation ; c'est à cette altitude que le refroidissement dû à la dilatation de l'air sera le plus effectif : les observations l'ont montré, en effet, s'accentuant de plus en plus avec l'altitude jusqu'à 4000 mètres au moins par les plus basses pressions.

Les masses d'air ainsi élevées sont lancées principalement dans la direction de l'anticyclone voisin ; elles vont donc s'y arrêter, s'y accumuler pour redescendre de là vers la surface de la Terre. Évidemment, il y a là compression et développement de chaleur. La compression se continue sans doute quelque temps durant la chute, mais la chaleur engendrée le sera surtout par l'effet de la compression et de l'extinction du mouvement horizontal. M. Hann et tous ceux qui ne pensent plus que comme lui, attribuent à tort, selon moi, cette élévation de la température à la

anémomètre Dechevrens ou moulinet à palettes Dechevrens, comme tous disent « moulinet Robinson ». Regretterait-on de rendre justice à un Jésuite ?

seule descente de l'air. Leur erreur est manifeste quand cet air arrive à pénétrer dans les couches inférieures qui devraient, à cause de leur densité, offrir une résistance croissante à la pénétration et elles y pénètrent malgré tout ; la température des masses en mouvement devrait s'y élever davantage, et c'est juste le contraire qui arrive ; tout l'anticyclone inférieur est froid, extrêmement froid, quand cet anticyclone est en relation directe avec un cyclone pas trop éloigné, c'est-à-dire quand il fait partie intégrante d'un véritable tourbillon. Ce dernier point est facilement négligé par les météorologistes dont je parle ; ils ne veulent considérer que ces grands anticyclones qui écrasent quelquefois l'Europe de leurs pressions exagérées, sans présenter à l'intérieur ni même à leurs limites extérieures de mouvement d'air bien marqué et qui n'ont, par suite, de relation qu'avec des cyclones fort éloignés ou avec de vastes espaces à basses pressions mal définis.

Si les masses qui continuent à affluer lentement d'en haut dans l'anticyclone n'en sortent par en bas que très lentement, ou même n'en sortent que par des filets obliques sur les confins seulement de la région envahie, il y a écrasement, compression assez réelle; alors s'expliquent, non pas les températures élevées, qu'on n'y a jamais observées, mais les températures normales ou peu au-dessous de la normale qui étonnent encore malgré tout, preuve qu'on est plus habitué à associer de basses températures à de hautes pressions, par opposition avec les hautes températures presque toujours observées par basses pressions.

Hors ce cas qui est exceptionnel, l'anticyclone, ou plus exactement l'aire des hautes pressions d'un tourbillon, est froid à la surface de la Terre, et il faut en donner la raison. Voici la mienne. Puisque les courants descendants dans l'anticyclone sont en giration divergente et destinés à alimenter un ou deux cyclones du voisinage, les couches inférieures de l'air n'opposent plus à leur mouvement la résistance théorique d'une masse inerte ;

la divergence et la dispersion qu'elles laissent se produire librement se traduisent par un abaissement général de la température à partir de l'altitude limite de 1200 à 1500 mètres. Naturellement ce refroidissement sera plus effectif et plus sensible à une certaine distance de l'axe même de l'anticyclone, là où l'obliquité des filets descendants et la dispersion horizontale produiront un maximum de dispersion.

Il est une certaine forme d'anticyclone qui se rencontre très fréquemment sur les cartes du BULLETIN INTERNATIONAL : c'est une arête de hautes pressions absolues ou relatives séparant deux dépressions voisines l'une de l'autre. Le rôle de cet anticyclone est alors manifeste ; il doit alimenter de ses courants descendants les deux cyclones à courants centripètes. La descente de l'air est active, sa dispersion de droite et de gauche est tout indiquée par les deux vents opposés qui soufflent de cette arête vers les deux centres de basses pressions, et invariablement la carte des températures nous montre, sur le lieu même de ce partage des vents, une variation négative de la température depuis la veille et souvent aussi, sinon toujours, une température plus basse que sur les régions voisines.

VIII

Écoutons maintenant les explications des météorologistes. A les en croire, l'air s'échauffe considérablement dans les grandes hauteurs, parce qu'il y descend rapidement. Plus bas le mouvement de descente se ralentit, la chaleur développée a le temps de se dissiper ; puis la radiation du sol commence à faire sentir son effet, la pureté du ciel l'accélère, si bien qu'au sol la température peut être tombée très bas.

Cette grande rapidité de chute qu'on imagine à 3000 et

4000 mètres d'altitude n'est rien moins que prouvée. La perte de force vive qui accompagne le ralentissement des courants horizontaux venant sur l'anticyclone, l'entassement des masses, la compression qu'elles subissent sont certainement, là-haut, des causes plus réelles et plus effectives du réchauffement observé. En bas, l'évasement et la dispersion des masses d'air aux approches de la surface de la terre doivent, loin de la ralentir, accélérer la chute verticale au travers des couches moyennes et des couches inférieures : c'est donc dans ces couches que l'échauffement devrait être le plus sensible, si cet échauffement est la conséquence de la seule rapidité de la descente. N'y a-t-il pas, d'ailleurs, contradiction dans la manière des météorologistes d'expliquer, d'un côté, le froid dans les anticyclones que nous pourrions appeler *mobiles* parce qu'ils accompagnent les cyclones et, de l'autre, la température moyenne qu'on observe fréquemment dans les anticyclones fixes de grande étendue ? Dans les premiers la radiation ferait tout, puisqu'il est sûr que les courants verticaux descendants y sont plus actifs que dans les seconds ; dans ceux-ci on ne parle plus de radiation, quoique le ciel y puisse être aussi dégagé de nuages et l'air aussi sec que dans les premiers ; mais on ne veut plus voir que les courants descendants comme source de chaleur, bien que leur vitesse de chute soit relativement très lente. Deux poids, deux mesures, selon les besoins de la cause et du moment. Examinons de plus près l'effet de la radiation.

1. Pour que la radiation se continue et maintienne le refroidissement nocturne, il faut que le ciel reste pur. Or, généralement dans les anticyclones, les brouillards ne tardent pas à se former sur les plaines, même très loin des montagnes : comment ces brouillards n'empêchent-ils pas le refroidissement de s'accentuer jusqu'au lever du soleil ? Nous l'avons vu, sur les montagnes l'air se refroidit considérablement par basses pressions ; les

nuages ne manquent pas alors au ciel et, dans ces cas, la radiation n'y est évidemment pour rien. Les observations du Puy-de-Dôme que j'ai citées, page 532, en sont un bel exemple : au cœur de l'hiver, à 7 heures du matin, la montagne est dans les nuages, le baromètre est très bas, la température n'en est pas moins tombée à 6° au-dessous de la normale ; quelques jours plus tard, à la même heure, le ciel est pur, l'air est sec même à 7 heures du matin (34°,0), la radiation est donc parfaitement libre de produire son effet, et cependant la température n'en est pas moins de 7° au-dessus de la normale !

2. Ce n'est pas la nuit seulement que l'air est froid par haute pression, c'est le jour aussi, même par le plus radieux soleil. Qui n'a ressenti ces vents froids qui soufflent alors et vous glacent en plein soleil ? On en accuse leur direction et on fait distinction entre vents polaires froids et vents équatoriaux chauds. Dans mon mémoire de 1886, j'ai fait bonne justice, me semble-t-il, de ces explications d'antan : j'ai produit le tableau suivant où j'ai condensé toutes les observations d'hiver, de 1876 à 1883, faites à notre observatoire de Chine.

Relation entre la pression, le vent et la température dans les cyclones d'Asie

ZI KA-WEI (Chine), (latit. 31° N)
(1876-1883)

Par vent de.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
mm mm	°	°	°	°	°	°	°	°
782-775	0,9	1,3	3,9	—	—	—	—1,6	—1,3
774-770	3,6	5,1	5,2	6,1	5,4	2,4	1,4	1,7
Baromètre 769-765	5,8	7,1	7,2	7,4	8,8	7,2	4,8	4,9
764-760	8,7	9,1	9,0	9,9	11,7	10,6	9,4	7,6
759-754	—	—	11,2	12,4	15,7	13,2	7,9	10,4

De quelque côté que souffle le vent, qu'il paraisse venir de la Sibérie au nord, de l'intérieur de l'Asie à l'ouest, des tropiques (la latitude de Zi-ka-wei est 31°) au sud, ou

de la mer à l'est, toujours c'est la même variation ; la température moyenne diurne s'abaisse d'environ 4° au-dessous de la normale pour ce vent quand le baromètre monte vers son maximum, et elle s'élève de 4° environ quand le baromètre tombe vers son minimum.

3. Je me permets de rappeler à M. Hann sa remarque (METEOR. ZEITSCHRIFT, déc. 1892) au sujet des observations faites comparativement au sommet du Ben-Nevis (Écosse), à 1443 m. d'altitude, et à Fort William au bord de la mer : « La position de cette station inférieure éloigne toute idée de stagnation de l'air dans les grands froids qui accompagnent les anticyclones », et j'ajoute *toute idée de radiation tant soit peu effective* ; que pourrait bien être sur la température de l'air l'effet de la radiation de la mer ? Cela n'empêche pas, comme l'avait fait remarquer M. Buchan, que l'inversion des températures, non pas seulement l'inversion de leur variation, ne soit très fréquente entre la base et le sommet de la montagne, en hiver, par les hautes pressions.

4. Ce n'est pas exagérer que de porter à 8° l'échauffement anormal de l'air dans un anticyclone à l'altitude de 2000 mètres. D'autre part, à cette altitude, la différence normale de température avec le niveau de la mer est d'environ 10°. Un anticyclone fait son apparition ; la température, que nous supposerons d'abord de —10° au sommet, s'élève maintenant à — 2° dans la matinée sous l'influence supposée des courants descendants. Comme on doit les faire descendre jusqu'au sol, la variation adiabatique (sans perte ni gain de l'extérieur) depuis l'altitude de 2000 mètres, sera au moins de 12° ; l'échauffement adiabatique total de la masse arrivée au sol aura donc été de 20° ; cette somme, ajoutée à la différence normale des températures des deux niveaux qui est de 10°, porte à 30° la différence actuelle qui devrait être observée : il s'ensuit que le thermomètre devrait marquer, au bas, 28°. Or, nous avons vu qu'à Zi-ka-wei l'abaissement moyen de la tempé-

rature moyenne diurne dans un anticyclone était de 4°; l'abaissement dans la matinée peut être d'environ —8°; la température serait donc de —8° au lieu de 28° : différence 36° ! et c'est au compte de la radiation seule (qui ne peut pas toujours s'exercer encore) qu'il faudrait mettre cette perte incroyable de chaleur sur l'immense surface occupée par l'anticyclone ? De deux choses l'une, ou mon calcul est des plus erronés, ou bien l'on doit s'étonner que des savants, tels que sont mes contradicteurs, se soient abusés à ce point.

Une dernière question, non la moins grave au point de vue du progrès de la météorologie générale et de la théorie des cyclones en particulier, est celle que j'ai traitée dernièrement dans le mémoire présenté à l'Académie Pontificale des « Nuovi Lincei » et adressé ensuite directement à tous les observatoires météorologiques. Quelle est la cause des variations de température qu'on observe à la surface de la Terre, c'est-à-dire dans les couches profondes de l'atmosphère, sur le passage des cyclones ?

Il est d'abord nécessaire de bien déterminer ce que sont ces variations. J'ai pour cela choisi les trois premiers mois de l'année 1895; j'ai relevé, sur chacune des 90 feuilles du BULLETIN INTERNATIONAL DE PARIS, les huit indications dont les moyennes valeurs calculées ensuite ont été portées dans le tableau suivant.

Caractéristiques des dépressions en hiver

Moyennes générales pour janvier, février et mars 1895

BAROMÈTRE	Mill.		THERMOMÈTRE
		o	
Minima barométriques . .	744,0	2,9	Température corresp. aux minima barom
Pression corresp. aux maxima therm.	751,9	9,0	*Maxima* thermométriques.
Id. id. minima id.	764,3	—15,8	*Minima* id.
Maxima barométriques . .	769,8	—3,4	Température corresp. aux maxima barom
MOYENNES	757,5	—1,3	

Ces résultats généraux conduisent aux conclusions suivantes :

1° La température qui accompagne les plus basses pressions est plus élevée que la température normale, mais elle n'est pas un maximum.

2° Le *maximum* de température coïncide avec une pression relativement basse ; c'est dire qu'il se rencontre toujours dans le cyclone proprement dit.

3° Le *minimum* de température coïncide avec une pression relativement élevée; c'est dire qu'il se rencontre toujours dans l'anticyclone proprement dit.

4° La température qui accompagne les plus fortes pressions est plus basse que la température normale, mais elle n'est pas un minimum.

Ces conclusions ont été vérifiées dans les moyennes obtenues pour chacun des trois mois étudiés, de sorte qu'elles paraissent pouvoir être généralisées pour toutes les dépressions qui, en hiver, passent de l'Atlantique sur l'Europe.

Si, sur les cartes, on cherche les positions relatives des maxima et minima de la température par rapport aux centres de pression, on s'aperçoit tout de suite que les deux extrêmes de la température sont localisés *entre* les deux extrêmes de la pression, sur la ligne même qui les joint l'un à l'autre.

Voilà, en ne consultant que les observations faites, l'état des choses. La plupart des météorologistes conservent là-dessus des idées erronées, parce que peu des théories plus ou moins en vogue ont vraiment les faits dûment constatés pour base. La plus étrange de toutes, me semble-t-il, est celle qu'a malheureusement développée dans l'ANNUAIRE DE L'OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE pour 1898 (pages 263-282) M. Vincent, météorologiste à l'Observatoire Royal. Il n'a fait, du reste, que répéter ce que d'autres avant lui avaient avancé comme explication de faits impossibles à nier, mais embarrassants faute du fil conducteur

dans cette variété de phénomènes, faute d'un principe clair qui portât la lumière dans ces obscurités.

D'après M. Vincent, qui suit servilement M. Hann, l'anticyclone, de sa nature, devrait être chaud puisque les courants y sont descendants. Si dans les couches qui avoisinent le sol on observe *quelquefois* (!!) d'assez basses températures, c'est un simple effet de la radiation du sol couvert de neige (!) sous un ciel pur et dans un air sec. J'ai assez répondu à ces vagues explications.

D'autre part, selon lui, le cyclone avec ses courants ascendants devrait être froid, même tout en bas (!). Que si de hautes températures y sont généralement observées, c'est uniquement parce que des vents meridionaux et marins s'établissent sur les côtes occidentales de l'Europe à l'approche des dépressions. L'auteur insinuerait-il par là que ces températures élevées ne se font pas observer dans les dépressions au centre du continent? Ce serait une grave erreur. L'étude que j'ai faite des trois mois d'hiver de 1895 prouve que ces températures élevées dans le cyclone sont de l'essence même des dépressions barométriques, et ne sont pas de simples accidents particuliers aux confins occidentaux du continent.

Que conclut M. Vincent après ces deux affirmations ? Nous citons textuellement : « Si l'on tient compte de ces remarques, on admettra que dans la comparaison des cyclones avec les anticyclones au point de vue thermique, *on doit négliger* la couche la plus inférieure de l'atmosphère ». Il y a une quantité négligeable même dans les tourbillons ! S'appuyant sur les observations étudiées en 1889 par M. Hann dans les Alpes, il montre que, au-dessus de 1000 mètres d'altitude, le cyclone est vraiment froid et l'anticyclone chaud ; puis il ajoute que si on descend jusqu'à 500 mètres, les chiffres perdent déjà la moitié de leur valeur. Et c'est pour ne pas voir crouler toute la théorie si péniblement échafaudée, qu'il renonce à y faire entrer en ligne de compte ces 1000 mètres d'air inférieurs,

les plus denses cependant et les plus troublés au sein de toute cette agitation qui constitue le tourbillon.

On ne pouvait avouer plus naïvement l'ignorance où l'on était de la vraie cause de tout ce qui est observé dans cette couche inférieure, qui n'en doit pas moins rester la plus importante et la plus intéressante à étudier.

Si l'on a bien saisi le principe qui m'a servi à expliquer les phénomènes de température dans les régions supérieures, on n'aura aucune peine à en voir encore l'application dans les phénomènes des régions inférieures. Ici l'anticyclone est froid parce que, avant toute autre raison, les masses d'air qui y descendent en sortent en se dispersant : dispersion et refroidissement sont corrélatifs. Le cyclone est chaud parce que, avant toute autre raison, les masses d'air qui doivent s'y élever arrivent en convergeant et en se comprimant : compression et réchauffement sont corrélatifs. Au centre même de l'anticyclone les filets aériens verticaux, s'ils participent au mouvement, arrivent jusqu'au sol sans se séparer sensiblement : ce n'est donc pas là qu'on doit trouver le plus grand refroidissement. Au centre du cyclone les filets aériens, s'ils ont du mouvement, s'élèvent verticalement : ce n'est pas là non plus qu'on trouvera le plus grand réchauffement. L'anticyclone ayant pour fonction l'alimentation du cyclone, l'expulsion de l'air sera plus effective du côté même du cyclone : c'est donc de ce côté qu'on observera le minimum de la température. Semblablement, c'est par le côté du cyclone qui fait face à l'anticyclone que les courants de convergence se presseront le plus pour y pénétrer : c'est donc de ce côté que se fera observer le maximum de la température.

Si l'on veut prendre la peine d'étudier quelques cartes du Temps à la lumière de ce principe si simple, on sera étonné de n'en avoir pas reconnu soi-même les applications depuis longtemps. Tout, dans ces cartes, sans doute, ne sera pas expliqué ; je l'avoue, et qui s'en étonnera si l'on prend garde à la topographie de l'Europe, avec ses

mers intérieures et ses massifs de montagnes, bien propres à jeter la confusion dans des phénomènes déjà complexes en eux-mêmes ? Mais dès qu'une dépression apparaîtra bien dessinée, surtout s'il y en a deux ou même trois en même temps, séparées par des arêtes ou des aires limitées de hautes pressions, tout de suite l'enchaînement des températures et des pressions sautera aux yeux des moins clairvoyants, à la condition, bien entendu, qu'on ait dépouillé d'avance toute prévention et tout préjugé. Je ne puis ici, faute de place, entrer dans plus de détails sur cette matière. Je me contenterai de renvoyer au mémoire que j'ai présenté, au commencement de l'année, à l'Académie Pontificale des « Nuovi Lincei » : on y trouvera suffisamment détaillées 52 situations atmosphériques en Europe, qui mettent ma pensée dans tout son jour et qui sont clairement expliquées dès qu'on fait appel au principe général dont j'ai essayé de développer les conséquences.

La météorologie a beaucoup à gagner à une étude semblable des couches profondes de l'atmosphère qu'on a eu la malencontreuse idée de regarder comme négligeables. On a grandement raison d'explorer les hautes régions de l'air, maintenant que les moyens de le faire commencent à devenir praticables ; mais ce ne doit pas être au détriment de l'étude des régions basses où si peu de chose encore est connu avec certitude et où des intérêts de premier ordre sont liés à ces questions de vents et de température. Il y faut le concours de toutes les bonnes volontés, et pour finir par où j'ai commencé, il y faut de la probité, comme en toute chose ; le champ est vaste ; les gros budgets devraient plutôt encourager qu'entraver les efforts individuels ; la science ne doit pas être un monopole, elle est le patrimoine de tous, et c'est en demeurant telle qu'elle fera de sérieux progrès.

Le Père Marc Dechevrens, S. J.
ancien directeur de l'Observatoire de Zi-ka-wei, Chine,
directeur de l'Observatoire St-Louis, Jersey.

VARIÉTÉS

I

LE CARACTÈRE DU BLANC AU CONGO

Le caractère est solidaire du tempérament et des actions physiologiques de l'organisme, sans leur être d'ailleurs absolument subordonné; car il possède un élément d'ordre supérieur, le pouvoir de réaction inhérent à la volonté. Chez le blanc transplanté dans une région tropicale, en vertu des lois générales de l'adaptation, le tempérament se modifie, les habitudes organiques se troublent, la morphologie psychique subit des variations. De ces activités nouvelles résulte l'évolution du caractère.

Les émigrants au Congo, en admettant *a priori* que leur santé soit normale, sont en majorité des intellectuels et des volontaires plutôt que des sensitifs; car l'acte d'émigrer de plein gré implique chez l'individu un notable pouvoir de domination sur son système nerveux.

En nous basant sur l'état moral présidant à la résolution du départ, nous distinguerons quatre groupes d'émigrants.

Les premiers, et les plus nombreux, sont ceux qu'attirent en Afrique les avantages immédiats de la position, l'avancement rapide pour les militaires, le salaire généreux pour les travailleurs, et le secret espoir d'une vie facile et libre d'allures. A ces considérations, quelques hommes au sang plus chaud joignent le désir de la lutte, " l'amour des émotions, des hasards, des coups d'audace, le goût de mettre à l'épreuve leur volonté, de jeter le gant à la fortune et de sortir vainqueur d'un combat dont Chimère ou la gloire est le prix (1) ".

Les émigrants amateurs, dilettanti d'aventures, forment le second groupe. Ce sont des savants, curieux de déchiffrer l'ar-

(1) G. Valbert, *Voyage du major Serpa Pinto.*

cane des forêts inhospitalières, de fouiller les brousses mouvantes; ce sont encore des imaginations hantées par les mystères d'une nature immobilisée dans la barbarie, et qui s'en vont confiants en eux-mêmes, forts de la vigueur de leur intelligence, et convaincus que le souci de vivre rend ici l'existence misérable et stérile.

D'autres émigrent par dégoût social, par lassitude morale. Rebutés de l'insuccès constant d'efforts légitimes; écœurés des compromissions, des bassesses nécessaires pour parvenir; désabusés des utopies économiques et politiques; heureux de fuir, d'échapper à l'obsession des amitiés hypocrites, ils s'en vont demander aux virginités d'une vie âpre et sévère l'oubli de ce passé et la force d'espérer. Trempés par l'existence, ils n'ont plus d'autre ambition que de faire simplement leur devoir.

Enfin les derniers, les plus rares aussi, émigrent par nécessité. Épaves de la vie moderne, incapables ou paresseux, victimes de l'inexpérience ou de la négligence, d'aucuns partent découragés et sans espoir, le cœur gros de rancune et de désirs amers; d'autres sont cyniques dans leurs desseins, ou bien encore résolus sérieusement à regagner une place convenable dans la société.

Ces dispositions morales, esquissées ici à grands traits, se trouveront, dès le début du voyage, en contact avec des éléments nouveaux. L'examen sommaire des phénomènes qui en résulteront nous permettra d'apprécier l'état d'esprit dans lequel l'émigrant arrivera au Congo.

La séparation est en général une douleur, car c'est toujours un peu de soi-même qui va se perdre; et cette sensation peut être parfois si intense que la volonté fléchisse. L'homme qui s'exile, quoique de son plein gré et n'importe pour quelle raison, laisse au rivage la franche gaîté et les rires clairs; pour un certain temps du moins, il s'enveloppe de mélancolie. Ne sont-ce point, en effet, les habitudes rompues brusquement, l'effacement des spectacles journaliers, l'abandon des amitiés et des sympathies? L'espoir même de retrouver à l'étranger la reproduction des choses délaissées, n'existe point. Devant l'émigrant se dresse l'inconnu; ce sont d'autres soleils, d'autres mœurs. La crainte instinctive et irrésistible du nouveau s'empare de sa personne, et se grossit dans son imagination par l'audition de fantasques récits auxquels se complaisent les anciens : cannibales, supplices, dysenteries, hématuries ! Ces figurations lui apparaissent dans un effrayant

décor de peuplades simiesques, d'animaux féroces, d'étouffante chaleur, de maisons blanches où de pâles jeunes hommes tremblent la fièvre et se gavent de quinine.

Ces impressions varient sans doute d'intensité, selon les caractères et les tempéraments; mais nul n'en est exempt, parce que la nature humaine est d'un type uniforme, et que les émotions de la séparation, les sensations de l'inconnu, ne sont en réalité que des réflexes de la vie inconsciente.

Délaissant tout ce qui fut sa vie jusque-là, le voyageur entre en quelque sorte dans une autre personnalité. Il est en proie aux suggestions de l'inconnu, dont la pensée tend ses nerfs et attise ses facultés. Sa curiosité sans cesse stimulée provoque le raisonnement; il cherche l'explication des objets qui frappent sa vue, il poursuit le pourquoi de leur présence et de leur rôle dans l'évolution des éléments. Au fur et à mesure que la route se déroule, que le décor patrial s'atténue dans le souvenir, la sensibilité s'accuse progressivement chez le voyageur qui devient, à son insu, réceptible aux plus légères impressions. " Le voyage, dit Montaigne, me semble un exercice profitable. L'âme y a une continuelle exercitation à remarquer des choses inconnues et nouvelles; et je ne sache point meilleur eschole à façonner la vie que de lui proposer incessamment la diversité de tant d'aultres vies. "

Outre ces considérations générales, il faut encore noter l'influence morale particulière aux longues navigations. Indépendamment des troubles dus au mal de mer, l'absence de distractions, la pauvreté de la conversation, le manque d'exercice, la monotonie des horizons et ce perpétuel bercement du roulis, puissant soporifique et pour le corps et pour l'esprit, imprègnent cette existence de torpeur et de mélancolie. Les marins se rendent si bien compte des effets déprimants de la vie de bord, que des travaux manuels, souvent superflus, sont imposés aux matelots durant les interminables périodes entre ciel et terre, afin que l'inactivité ne favorise pas les conséquences nuisibles du milieu. Mais la rapidité de la traversée d'Europe au Congo réduit ces facteurs à des quantités négligeables.

Ces diverses causes, sommairement exposées et dont l'action se condense en une augmentation de la sensibilité émotive et une disposition à la rêverie, préparent l'émigrant à subir avec intensité le choc des premières impressions d'Afrique.

Or, l'impression primordiale en arrivant en Afrique est une tristesse. Lorsque le voyageur découvre le littoral congolais, au

lieu de l'opulente nature espérée — car on veut croire aux rêves et l'inconnu se pare d'extraordinaire — il n'aperçoit, par delà le rideau bas des mornes palétuviers de l'estuaire, que des collines fauves ou noirâtres selon la saison, rases, stériles, s'étageant sous un ciel brumeux et lourd, tandis que des bouffées d'air chaud étonnent sa poitrine. La réalité succède à l'illusion. L'esprit embrasse d'un coup d'œil l'existence nouvelle. Moment pénible où la volonté doit lutter contre la matière défaillante pour la ramener en avant et l'emporter dans son élan généreux et viril.

Certains caractères faibles sont frappés au point de s'effrayer à l'idée d'aborder cette terre pleine de mystères. Ils voudraient s'y soustraire qu'ils ne le peuvent plus. Les regrets et l'inquiétude les harcèlent; leur âme est saisie de vertige. Ils n'ont plus qu'un désir, échapper à l'inconnu redouté que leur imagination charge de sombres couleurs. Ils entrent en Afrique, hantés de craintes chimériques et de soucis irraisonnés. Imprévoyants, rêveurs ou timorés, n'ayant point envisagé la gravité de la décision prise, n'étant pas résolus franchement à la lutte et au sacrifice, ils reculent devant la vie prochaine. Souvent, par amour-propre, par peur du ridicule, ces trembleurs résistent à la première secousse; mais, dans la plupart des cas, l'effort sera de courte durée. Survienne la fièvre, qui les couche frissonnant, claquant des dents, et leur fragile résistance s'effondrera comme un château de cartes. Leur imagination, contenue depuis l'arrivée, mais sourdement minée d'idées lugubres, d'ailleurs entretenues parfois par l'accueil indifférent et les conversations sarcastiques des anciens, rompt les digues que la volonté avait pu à grand'peine établir. Leurs craintes s'exaspèrent, le regret de la patrie devient excessif; la maladie apparaît mortelle, et la convalescence, d'ordinaire si facile et si rapide, sera longue et pénible. Ces hommes, incapables d'un travail régulier, mis par le fait en état d'infériorité sociale, traîneront une existence de doléances et de récriminations. Si réellement ils ne succombent pas dans la mélancolie, ils n'auront d'autre ressource que le rapatriement hâtif. Ils reviendront d'Afrique honteux et mécontents, cachant souvent leur pusillanimité sous le dénigrement.

Ainsi s'impose l'obligation formelle de n'envoyer au Congo que des hommes énergiques, résolus et d'une éducation assez solide pour leur permettre d'acquérir rapidement les qualités nécessaires au colonisateur. L'Afrique est sans pitié pour les

faibles et les irrésolus; elle exige du courage et de l'abnégation; elle impose un labeur constant.

Les hommes de cœur eux-mêmes, malgré leurs vertus, ne sont pas à l'abri des défaillances. Grâce à leur force de volonté, qu'elle s'exerce de leur gré ou inconsciemment, par l'habitude qui assouplit et forme, ils ont secoué facilement l'impression fâcheuse du début, et ne songent déjà plus qu'au but à remplir, à la tâche acceptée. Mais le climat commence à exercer son action, et leur organisme va se trouver en butte à ses attaques.

Le Dr Jousset, dans son ouvrage classique sur l'acclimatement, décrit ainsi l'état psycho-physiologique de l'Européen pendant la période initiale de son séjour dans les régions tropicales : " Le premier effet — de la chaleur — sur l'arrivant est une sorte d'excitation générale qui produit un sentiment de force et d'activité inaccoutumées. L'Européen supporte sans peine le travail, la marche en plein soleil, vêtu comme dans les pays tempérés. Il éprouve un besoin d'expansion. Mais après quelques jours, l'ardeur tombe, le corps s'alanguit en même temps que la tête s'appesantit. Le besoin de repos se prononce de jour en jour et pour le corps et pour l'esprit. „ " Dans les premiers moments, dit le Dr Corre, le système cérébral est surexcité par la chaleur; l'émigrant ressemble à l'homme du pays qui paraît tout sens (Onimus). Les impressions périphériques conduites jusqu'aux hémisphères cérébraux donnent lieu à une augmentation de chaleur, à une activité propre, intrinsèque des éléments nerveux. Cette excitation peut produire des états pathologiques, depuis la simple céphalalgie (Fontana) jusqu'à la convulsion (G. Sée). „ Le Dr Treille note chez l'Européen, dans les premiers temps de son habitat intertropical, de l'excitation intellectuelle, de la joie, qui s'expliquent, dit-il, par ces impressions extérieures telles que le plaisir de jouir d'un soleil riche, de découvrir des choses nouvelles, etc.

Ces conditions d'excitabilité anormale et de courte durée seraient dues, selon le Dr Marestang, auteur de remarquables recherches hématimétriques, au phénomène morbide résultant du défaut d'oxygénation du sang qui provoque une accélération des rhytmes cardiaque et respiratoire, laquelle ne disparaît qu'avec l'établissement d'une suractivité des organes hématopoëitiques, véritable fonction de suppléance.

Nous ne nous attarderons pas à l'examen des conséquences morales de l'adaptation individuelle dans la société coloniale.

L'altruisme intelligent des chefs veillera au sort des nouveaux venus, dont l'initiative doit être encouragée.

Cet exposé succinct de l'état moral du blanc dans les débuts de sa carrière au Congo, nous permet de conclure que les phénomènes initiaux de l'acclimatement abattent les faibles et les irrésolus, accentuent la gravité des énergiques, en sollicitant des uns et des autres des réactions intenses.

Mais poursuivons l'étude de cette évolution par la revue des modifications imprimées à l'organisme humain par le climat, par la maladie, par le milieu social.

Le climat du Congo est caractérisé par une température annuelle de 26° à l'ombre, à grandes variations nocturnes; par une tension élevée de la vapeur d'eau dans l'air et une faible pression barométrique ; par la sursaturation électrique de l'atmosphère, la vivacité de la lumière et une nébulosité considérable.

Le premier effet de ces éléments sur le blanc est une stimulation de toutes les fonctions, tant organiques que psychiques. Mais cette flambée de vigueur s'éteint bientôt.

L'organisme humain, réduit à sa plus simple expression, est une combinaison chimique dont le but essentiel est de produire de la chaleur et de maintenir cette chaleur à la température moyenne de 37° C. Comme la production dépasse normalement la consommation, diverses causes de déperdition interviennent pour rétablir l'équilibre. Ces causes sont le rayonnement, l'évaporation cutanée et pulmonaire, l'échauffement de l'air inspiré et des ingestas; en outre, une partie de la chaleur chimique est transformée en travail : contraction du cœur et des muscles respiratoires.

Or, dans les régions tropicales, nous disent les traités classiques, la valeur de ces causes de déperdition subit une dépréciation notable. L'élimination du calorique animal est amoindrie par la haute température de l'air, qui s'oppose au rayonnement, et par la tension élevée de la vapeur d'eau atmosphérique, qui entrave l'évaporation cutanée et pulmonaire. Le calorique s'accumule donc dans l'organisme; et, si de nouveaux facteurs de déperdition n'intervenaient avec énergie, des pyrexies graves se déclareraient et la mort surviendrait rapidement. Mais le cerveau veille et met en jeu le centre réflexe, régulateur de la chaleur. Sous son influence, le système vasculo-sudoripare est excité et fonctionne avec intensité. Instinctivement le désir d'un vêtement léger et ample se manifeste, et la répugnance au travail

s'accuse. Ces moyens sont néanmoins insuffisants et le centre réflexe agit plus profondément en diminuant les échanges chimiques au sein des tissus. La nutrition sera ralentie; les fonctions respiratoires et digestives seront affaiblies. Le ralentissement de la nutrition est encore favorisé par la teneur relativement minime du volume d'oxygène dans une atmosphère dilatée par la chaleur et par la température élevée de ce même gaz, qui entraînent une réduction quantitative de l'hémoglobine.

Selon cette théorie, qui a rallié jusqu'aujourd'hui la majorité des auteurs, l'oxydation des éléments anatomiques serait atténuée par un processus de régulation chimique. Cependant, sous l'action anesthésique des hautes températures sur les nerfs sensitifs, l'influence modératrice réflexe des oxydations organiques peut se perdre ; et l'on expliquerait de cette manière, d'après le Dr Corre, la genèse du coup de chaleur.

La vie n'étant en somme que la résultante de cette oxydation continue et sans cesse répétée par l'alimentation, il paraît logique de conclure que les manifestations vitales, telles que le mouvement, le travail musculaire, le travail cérébral, qui activent ces oxydations, devront être réduites à leur minimum dans les pays chauds. La diminution graduelle de la vigueur physique et intellectuelle, de l'aptitude au travail musculaire et cérébral, se produira lentement et dans une mesure variable suivant les tempéraments et selon l'hygiène.

Ces déductions physiologiques sont purement théoriques et ne s'appuient, en réalité, sur aucune expérimentation scientifique. Les travaux du professeur Eykman, de l'Institut pathologique de Wiltevreden, à Java, poursuivis avec une méthode rigoureuse, ont donné des résultats en contradiction avec les hypothèses courantes sur la physiologie de l'Européen dans les pays chauds. Voici quelques-unes de ces conclusions :

Les auteurs admettent, en général, une élévation de 1/2° à 1° C. de la température moyenne du corps humain sous les tropiques; or Eykman établit que le calorique n'accuse pas plus de 37° C. chez l'homme sain, et souvent moins.

Il prouve ensuite que la proportion d'eau n'est pas augmentée dans le sang ; que le blanc mange autant à Java qu'en Europe ; que le travail modéré produit à Java la même somme de calories qu'en Europe. Eykman réfute aussi l'hypothèse qui attribue à la fonction hépatique un pouvoir vicariant de la fonction pulmonaire insuffisante dans les climats tropicaux.

Ces conclusions subversives, s'ajoutant aux résultats des

recherches hématimétriques du Dr Marestang, bouleversent les données classiques.

L'anémie, l'état de déchéance organique que le climat tropical devait logiquement entraîner par la seule force de ses éléments, abstraction faite de toute étiologie pathogénique, l'*anémie des latitudes*, selon l'expression du Dr Féris, n'est en réalité qu'une incidence. Les globules rouges et l'hémoglobine ne subissent, en effet, aucune modification, ni quantitative, ni qualitative, chez l'Européen en bonne santé, parce que les organes élaborateurs du sang réagissent proportionnellement et maintiennent l'intégrité du liquide vital. " Tous les médecins qui ont pratiqué la chirurgie dans les pays chauds, même les plus insalubres, s'accordent à reconnaître à leur climat une influence favorable sur la marche et la terminaison des traumatismes „, nous dit le Dr Corre ; et le Dr Marestang conclut de ses observations hématimétriques que " l'hypoglobulie, l'anoxyémie, l'hydrémie, ne sont pas des fonctions des pays chauds „, et que l'anémie des latitudes ne diffère pas de l'anémie des régions tempérées au point de vue étiologique.

L'acclimatement physiologique de l'Européen dans les régions tropicales serait donc possible, et il en existe des exemples d'une réelle valeur. Plusieurs familles hollandaises se sont perpétuées aux Indes sans revoir le sol patrial; dans les colonies de Massamédès, de São-Thomé, la race blanche se maintient et prospère. Les Petits Blancs de St-Maurice sont les descendants des anciens colons français et se sont maintenus, sans mélange de sang, dans les parties les plus insalubres de l'île, tout en se livrant aux travaux agricoles les plus rudes. A Tonga-Tabou, en Océanie, les Européens n'accusent, d'après un missionnaire anglican, au bout de longues années de séjour sans aucun retour en Europe, qu'un très léger affaiblissement, sans être d'ailleurs malades. Les Anglais se sont parfaitement acclimatés en Australie, dont une vaste portion du territoire est torride.

Si nous admettions d'ailleurs que les influences météorologiques, telluriques même, dégagées de tout élément palustre, eussent sur l'organisme de l'Européen les conséquences physiologiques que beaucoup de savants leur attribuent, nous ne saurions expliquer les différences vitales si caractéristiques qui existent entre les blancs habitant les zones palustres de l'Asie, de l'Amérique et de l'Afrique, et les blancs habitant les zones tropicales de l'Australie et de la Polynésie exemptes de malaria.

En résumé, dans cette lutte de l'organisme humain contre un milieu directement opposé à ses habitudes physiologiques, les centres nerveux ont à fournir un travail considérable au seul point de vue de la conservation de l'espèce. Ces dérivations d'énergie retentissent sur les activités psychiques et sur le caractère, dans une proportion adéquate à l'acclimatation. La conscience, plus ou moins nette, de ce combat intime et l'inquiétude qui en résulte, auront pour effet d'imprimer au caractère un cachet de gravité particulière et de froide résolution.

La pathologie du Congo est encore mal étudiée et ne diffère qu'en peu de points de la pathologie des pays chauds en général. Le paludisme domine la nosologie du Congo, soit qu'il se manifeste sous forme de fièvres, soit qu'il se dissimule. Par la répétition des perturbations circulatoires et l'amoindrissement des qualités stimulantes du sang, le paludisme détermine chez ses victimes un affaiblissement du système nerveux cérébro-spinal qui se dénonce par de l'insomnie, de l'excitation nerveuse, des troubles de coordination motrice, du tremblement des extrémités, et, dans un domaine plus élevé, par un alourdissement de l'intelligence, une perte de mémoire, une lassitude et une fatigue mentale aisément produite, et par des hallucinations pendant le sommeil. Sans atteindre à ces extrêmes dans tous les cas, le paludisme, à l'action duquel aucun Européen n'échappe au Congo, trouble la nutrition générale et exerce, en dernière analyse, une influence déprimante sur le système nerveux.

Les affections chroniques de l'estomac, du foie, des intestins, si fréquentes à tous les degrés dans la zone intertropicale, agissent sur le grand-sympathique et portent, par ce même nerf, jusque dans les centres nerveux, des sensations obscures qui finissent par agir sur l'état mental et déterminent l'hypocondrie.

L'hématurie, le beri-beri, et les autres maladies du Congo provoquent des symptômes communs à toutes les affections qui troublent profondément la nutrition et ne méritent point qu'on s'y arrête spécialement.

En conséquence de ces états morbides, souvent dissimulés sous une instabilité particulière de l'équilibre physiologique, le blanc est lentement conduit à l'anémie, soit par diminution directe de la richesse sanguine, soit par déchéance nerveuse. L'évolution de cette misère organique se répartit, en général, sur une période de plusieurs années et parfois même ne se développe pas ; dans d'autres cas, au contraire, par suite d'idiosyn-

crasies ou d'accidents, elle se prononce avec rapidité. " Encore faut-il arriver à un grand degré de débilitation, pour que l'intelligence diminue : elle reste souvent vivace au milieu des accidents que produisent les cachexies (1). „ L'hygiène joue, d'ailleurs, un rôle essentiel dans la genèse de l'anémie malarienne.

La conscience, nette et précise cette fois, de l'état de lutte organique, se surajoute aux conséquences directes de l'activité pathogène sur les centres nerveux. Ce corps-à-corps incessant des forces vitales et des actions extérieures réclame de l'individu une vigueur morale supérieure pour se soutenir à travers les multiples épreuves d'une existence profondément différente de la vie européenne. Il faut savoir vouloir; il faut une énergie de fer; il faut cuirasser son cœur et étouffer ses sentiments, pour passer sain et sauf à travers le chaos d'une nature semée d'imprévus et de contrastes. C'est un souci de tous les instants, une scrupuleuse attention aux moindres actes, une surveillance constante de tous les horizons, l'obéissance à un régime inflexible dont la plus légère infraction peut devenir fatale; en un mot, c'est un surmenage cérébral. Mais n'est-ce point aussi l'exquise sensation de sa liberté, l'affirmation savoureuse de la puissance de sa volonté, l'impression que dans ce conflit nous sommes maîtres de la situation ? " Je ne puis exprimer le confort de ne rien craindre, de ne pas s'inquiéter de sa santé; c'est, je crois, le meilleur moyen de ne pas être malade (2). „ Malte-Brun écrivait qu' " une ferme résolution de ne point se laisser vaincre par une maladie est, de l'avis de tous les médecins, un des remèdes les plus efficaces pour se raidir contre l'influence d'un climat nouveau; notre corps n'attend que les ordres de l'intelligence... „

Je touche ici au problème des affinités bizarres qui implantent au cœur de quiconque a vécu au Congo cet étrange amour pour un pays, en somme, inhospitalier. Dès que l'Européen a foulé le sol africain, qu'il a vécu ces journées rapides sous les splendeurs de la lumière et dans le mysticisme des solitudes, qu'il a frôlé cette civilisation puérile où revit le passé et surpris les mystères de cette vie simple, réminiscence de l'âge d'or, il se sent attiré par un invincible penchant vers cette existence de douce barbarie où sa nature se complaît par un singulier retour.

Mais l'état social et l'économie du Congo ont, à leur tour, une influence des plus considérables sur le caractère de l'Européen.

(1) Dr Jousset.
(2) *Lettres de Gordon à sa sœur.*

Les Américains prennent volontiers pour devise cette phrase caractéristique : " *Go ahead, and never mind* " ; formule d'égoïsme, dont la mise en pratique, poursuivie avec une énergie indomptable, a permis à ce peuple étonnant de surmonter avec succès les difficultés de premier établissement. Or, le Congo indépendant, susceptible d'un avenir dont il est encore impossible d'apprécier la valeur, en est aujourd'hui à la période initiale de son évolution civilisatrice.

Dans les centres, tels que Boma, Matadi, Léopoldville, la population blanche offre de la densité ; la vie matérielle y est aisée et les vivres de toute espèce y sont en abondance; les habitations sont confortables. La camaraderie ne tarde pas à s'établir entre les résidants, au moins superficiellement, parce qu'elle est nécessaire. Chacun, dans sa sphère, se crée un cercle de relations où l'esprit peut plus ou moins se délasser des labeurs quotidiens. Mais combien éloignés nous sommes de la vie européenne, avec ses multiples aisances, son hygiène, ses plaisirs, qui sollicitent et permettent le choix, ses idées sociales aux vastes conceptions ! Tandis qu'au Congo, comme d'ailleurs dans toute colonie tropicale, les distractions sont pauvres et rares, et l'individu doit faire fond de sa propre originalité pour en susciter ; les horizons sociaux sont rétrécis; la différenciation des castes, l'écart qui les sépare s'accuse avec une netteté brutale dans un milieu qui ne disperse point l'attention et concentre les obligations. L'inégalité sociale apparaît avec d'autant plus de vivacité que le rapprochement est plus intime et que la solidarité s'impose avec plus de rigueur. Le commandement semble dur, parce qu'il s'exerce de trop près et l'obéissance se double d'envie. " Des sympathies et des antipathies se heurtent en un incessant côte à côte, et forcément, à ne remuer que des sujets restreints, à vivre dans l'ignorance de ce qui se passe au dehors, la causerie tourne aux potins; on finit par ne plus s'intéresser qu'à des futilités, qu'à des vétilles qui prennent une importance d'événements... " (1). La vie se fait étroite et la lutte sociale plus âpre.

Dans ce microcosme composé d'éléments hétérogènes au plus haut degré, l'individu, tenaillé par les agents climatiques, tourmenté par le souci des occupations, hanté à son insu par l'idée du retour, s'attache aux minuties de l'existence journalière. L'amplitude de la pensée se rétrécit; la jalousie, l'envie des privilèges troublent la raison et dévoient le jugement. Les moindres

(1) J. K. Huysmans.

faveurs sont souvent aussi difficiles à répartir que pénibles à accepter; car celui qui les octroie redoute une critique qu'il sait devoir se produire malgré la justice de sa répartition. parce que celui qui reçoit a l'idée préconçue d'un partage inégal ou d'une récompense insuffisante. En effet, dans son instinctive poussée vers l'amélioration de sa condition matérielle, dans la sub-conscience d'impérieux besoins vitaux, dans sa hâte de jouir, l'individu s'attribue, parfois en toute confiance, des mérites qu'il ne possède pas en fait et s'exagère la valeur réelle de ses actes.

C'est pourquoi, aux colonies, la direction doit être remise en des mains énergiques, en des intelligences réglées par une équitable pondération des sentiments, par un altruisme éclairé et bien convaincu que si la charité est indispensable, la pitié tombe vite en faiblesse vis-à-vis du déchaînement des appétits humains.

Cependant, si le coudoiement des castes dans la vie journalière offre des inconvénients, il les compense en partie par de sérieux avantages. L'orgueil, l'amour-propre incitent au zèle, à l'accomplissement parfait de la tâche; l'émulation s'exerce avec profit et provoque peu à peu une sélection morale parmi les résidants.

Le caractère belge, à la fois calme, réfléchi et susceptible d'enthousiasme, tombe peu dans les travers que je viens de signaler; et je trouve dans ce fait une des raisons de la prospérité étonnante et du succès rapide de la colonisation du Congo indépendant. L'initiative privée, au lieu d'être étouffée dès son origine sous les sarcasmes des uns et la nonchalance coupable des autres, ainsi que cela se voit trop souvent dans des colonies similaires, est au contraire encouragée et se développe sans contrainte. Le Belge emprunte à l'Anglais le flegme et le sens mercantile, au Français l'ardeur, l'entrain et l'esprit d'entreprise, à l'Allemand l'esprit de conduite et le don d'assimilation. Ces qualités précieuses ont trouvé au Congo l'occasion de se montrer d'une façon remarquable. Notre si jeune colonie est devenue une entreprise modèle, dont l'exemple sert déjà d'enseignement aux vieilles nations colonisatrices elles-mêmes. Ce succès moral est le triomphe du caractère belge, dont notre Roi a su mettre à profit les facultés pour la plus grande gloire de notre vaillant et courageux pays.

Dans les centres où la population blanche compte assez de membres pour offrir, jusqu'à un certain point, l'illusion de la vie européenne, les facilités de la vie matérielle sont telles qu'elles n'entrent pas dans les causes susceptibles de modifier le carac-

tère de l'individu; mais la situation est autre dans les localités habitées par deux ou trois blancs seulement.

Dans ces stations éloignées, privées de communications rapides, dépourvues du contre-poids social, l'existence de l'Européen dérive vers le côté matériel. Ne doit-il pas, en effet, songer d'abord à défendre sa vie contre les peuplades environnantes dont la soumission, sous des dehors amicaux, n'est qu'un mélange de craintes, d'intérêt et d'indolence native? La petite troupe de soldats indigènes dont il dispose constitue une faible ressource, si on la compare au nombre des adversaires; d'autant plus que le blanc ne peut avoir une confiance absolue en ces auxiliaires. Ils sont d'une autre race, diamétralement opposée de goûts et de coutumes, inférieure et par conséquent envieuse, ne se pliant au service, qui répugne à leur nonchalance, que par peur du châtiment immédiat ou par ce puéril effroi, fait d'admiration et d'étonnement, qu'inspire à ces cerveaux nébuleux l'incompréhensible perfection des forces au service de l'Européen. Celui-ci doit, d'ailleurs, avoir la conscience de sa supériorité morale s'il veut pouvoir exercer en toute puissance sa domination. Ces états cérébraux réagissent à la longue sur le caractère qui devient inquiet, défiant, impressionnable, excessif. Le plus léger incident finit par émouvoir le blanc; son cœur palpite, sa tête s'échauffe; sa patience s'émousse; sa générosité, son humanité subissent une dépréciation équivalente à l'exagération de sa sensibilité. Sans perdre en rien d'ailleurs de sa volonté ni de sa conscience, il reste toujours maître de ses actes et complètement responsable. Certes, en temps ordinaires et dans les stations qui ne sont pas d'un isolement trop absolu, ces réactions morales n'ont point l'acuité que je viens de décrire. Mais, sous l'empire de la moindre perturbation, par la similitude de faits antérieurs, par l'écho de troubles lointains, l'état latent de crainte se réveille. Ces répétitions de sensations vives épuisent la résistance de la volonté et, à la fin, le découragement survient.

La privation totale d'excitant intellectuel a aussi, sur le caractère de l'Européen, une influence incontestable. Le manque de livres, la rareté des nouvelles, l'inaptitude à s'abstraire, l'indigence des conversations, provoquent le sentiment d'être séparé du monde, de vivre d'une existence artificielle. L'habitude vient heureusement mitiger ces inconvénients que l'impassibilité, la volonté ou parfois une sage philosophie parviennent à rendre supportables, en favorisant des dérivations d'ordre divers. Mais

c'est de nouveau l'effort organique pour l'adaptation nécessaire, l'effort qui s'appuie sur la souplesse et la tonicité nerveuse aux dépens des activités supérieures. Ces pertes d'influx nerveux seraient négligeables si, d'autre part, les conditions de la vie matérielle n'étaient souvent précaires. Loin des centres, incomplètement ravitaillé et obligé de vivre sur le pays, le blanc est soumis à un régime alimentaire défectueux, sans variété, composé en majeure partie de mets grossiers qui contribuent à provoquer des troubles dyspeptiques dont le moral subit le contrecoup. Les légumes frais, le beurre, le lait, le vin, le pain, certains condiments font défaut ou à peu près ; les viandes savoureuses de gros bétail sont remplacées par la chair de chèvres, de moutons, de volailles à demi sauvages; la cuisine, souvent à base d'huile de palme, est rudimentaire. Somme toute, si la nourriture ne manque pas, son insipidité finit par devenir insupportable à des estomacs déjà rendus capricieux par la chaleur.

A l'appui de ce qui précède, je me contenterai de citer l'observation suivante du Dr Reynaud : " Quand les indigènes, dit-il, consentent à vendre du poisson, du lait, des œufs, des légumes indigènes, etc., achats et cadeaux sont distribués aux soldats et ces jours-là il règne dans le camp une gaîté et une animation inusitées; heureuse diversion dont le soldat ne peut que retirer avantage au point de vue physique et moral. „

A ces privations diverses qui assombrissent la vie du blanc dans les stations éloignées, s'ajoute encore le manque de service médical. Car, en admettant que le médecin le plus proche puisse être appelé en cas de nécessité, à cause des distances considérables et de la difficulté des communications, son intervention sera toujours tardive et souvent inutile. La conscience d'être insuffisamment armé pour pouvoir résister avec avantage aux maladies qui menacent sans cesse l'individu sous un climat excessif, entretient chez lui un sentiment de vague inquiétude, qui se précise et s'exaspère à certains moments critiques et constitue dès lors un élément sérieux de dépression morale.

Lorsque la camaraderie se maintient parmi ce groupe d'isolés, elle constitue une dérivation salutaire des lourdes pensées et des sensations obscures qui accablent parfois les hommes les plus énergiques eux-mêmes. L'amitié, la sympathie atténuent le chagrin. Si, au contraire, l'entente est factice, à peine maintenue par la discipline ; si la cordialité et la franchise ne règlent pas les rapports sociaux, le caractère, obsédé de défiance et d'ennui, ne tarde pas à devenir sombre, morose, taciturne, et la santé générale fléchit.

Dans un autre ordre d'idées, dont l'application n'est pas spéciale à la catégorie de blancs qui nous occupe, l'absence complète de vie familiale, les petites misères du ménage de garçon, les minuties, les détails ridicules et nécessaires de la vie, au lieu d'être des dérivatifs, des distractions, finissent, par leur répétition, leur monotonie, par épuiser la patience et provoquer l'irascibilité. Mécontent, découragé de son impuissance à modifier cet état des choses, sevré de plaisirs et de jouissances, effrayé à son insu de la rapidité du temps, l'Européen tombe alors parfois dans des dérèglements regrettables pour sa santé et pour son honneur.

Il est nécessaire que les blancs, ainsi groupés au loin, soient des hommes de haute moralité, capables de vertus que réclament les grandes épreuves, unis dans l'amitié comme ils le seraient devant l'ennemi. Car, si l'ennemi du dehors fait souvent défaut, l'ennemi intime veille toujours et avec d'autant plus d'attention que la lutte pour la vie est plus âpre. Soldats de la civilisation, placés au poste d'honneur, ils doivent avoir " de la virilité de caractère, de la volonté, de la bravoure, de la ténacité, du zèle, de l'entrain, de la bonne humeur, de l'initiative, en même temps que l'esprit de subordination. „

L'existence de l'Européen complètement isolé réunit à la fois et porte à leur maximum d'intensité toutes les causes de dépression dont nous venons de parler. A de rares exceptions, l'influence de la solitude absolue finit par plonger l'individu dans la nostalgie et la mélancolie, et contribue à l'éclosion d'affections digestives dont l'action se surajoute à celle du milieu. Le séjour imposé dans de telles conditions doit être réduit à son minimum, à moins que l'expérience n'ait permis de se fier aux qualités individuelles. Il ne manque pas, en effet, d'exemples de solitaires amoureux de leur désert et si bien adaptés à cette vie de reclus qu'ils souffriraient d'en quitter les habitudes. " On parle d'ennui, disait Gordon; me voilà tout seul depuis près de trois semaines, n'échangeant pas un mot avec mes semblables du matin au soir, excepté quelques mots arabes baragouinés à ma manière. On est bien heureux de pouvoir se suffire à soi-même; c'est un don précieux... Le principal (en dehors de la Providence de Dieu qui est tout), c'est de ne jamais rester inoccupé; car autrement on commence bientôt à s'ennuyer et l'on meurt (1). „ Il y a, d'ailleurs, de vives attirances à vivre ainsi seul de sa race au milieu d'hommes

(1) *Lettres de Gordon à sa sœur.*

que l'on commande, à sentir sa puissance de civilisé dominer ces intelligences frustes, à exercer la plénitude de ses droits d'être privilégié. C'est le triomphe de l'intelligence et la conscience d'en jouir librement. Ces impressions sont pour le solitaire de précieux stimulants et de vigoureux appuis. D'autre part, l'habitude intervient aussi pour une grande part dans cette adaptation. Les hommes les plus résolus modifient leurs activités sous la force latente et les assauts multipliés de conditions physiques et sociales nouvelles et constantes.

Dans cette esquisse de la vie morale de l'Européen isolé, j'envisage spécialement le blanc envoyé par ordre dans cette position, obligé par discipline d'y demeurer. Car la condition est différente pour la personne qui s'isole de son plein gré, comme dans le cas du commerçant ou du missionnaire.

Le commerçant, n'importe le genre de son négoce, a, pour l'aider à passer son temps, ses occupations professionnelles. Son esprit, toujours tendu vers l'amélioration de sa maison, n'a pas l'occasion de se fixer sur les sujets divers dont j'ai parlé plus haut. Une dérivation continue de son attention s'oppose à l'enlisement nostalgique. Indépendamment des influences physiques qui exercent sur son organisme l'action commune, les passions dépressives, l'ennui, le découragement, sont subordonnées chez lui, en partie du moins, à la marche de son entreprise. L'insécurité des relations pourrait exercer une fâcheuse influence sur son caractère; mais le commerçant ne s'aventure guère à la légère, de son plein gré d'ailleurs.

Le missionnaire réunit, dans la plupart des cas, des qualités morales solides dont la mise en œuvre entrave l'action démoralisante de la solitude. " On ne saurait parler avec trop de respect des vrais missionnaires, de ceux que dévore le zèle de la maison du Seigneur, et qui sont capables de renoncer à tout, de tout braver, de tout endurer, pour porter des consolations à un Basouto et la grâce à une misérable négresse... (1) "

Entraîné à l'étranger par sa vocation, allant au Congo avec joie, le missionnaire, qui joint à une éducation élevée des sentiments profonds de générosité et d'abnégation et n'a d'autre ambition que la conquête d'un idéal, maintient aisément la tension de son énergie et de sa volonté. Son caractère reste calme et serein, imprégné de gravité et de recueillement. L'ennui n'a

(1) *Voyage du major Serpa Pinto dans l'Afrique australe.*

point de prise sur cet homme toujours occupé de Dieu, et trouvant, dans la prière et la méditation, une continuelle dérivation. L'envie, la jalousie, la calomnie, l'égoïsme, ces vices des milieux coloniaux, se heurtent chez lui à un altruisme excessif et débordant d'une générosité qui implique souvent l'oubli de soi et l'impersonnalité. La maladie a peu d'influence sur le moral du missionnaire, à moins qu'il ne soit très jeune encore; car, soutenu par son idéal, il a fait le sacrifice absolu de son corps au profit de l'œuvre à laquelle il s'est voué. Si la souffrance l'atteint, impassible dans sa sérénité, c'est avec humilité et sans crainte qu'il la reçoit; et il sait trouver dans sa mort matière à édification et à enseignement.

La vie de l'explorateur représente en quelque sorte la quintessence des existences d'Afrique; elle en est à la fois la plus pénible et la plus glorieuse. " Une tente humide, écrivait Gordon, avec des maladies de tout genre constamment suspendues sur ma tête, un menu ordinaire — très ordinaire — de biscuits et de viandes grillées, l'obligation de me lever à l'aurore, de me coucher avec le soleil, le manque de livres, le tracas perpétuel de mille soins minutieux et énervants, comme par exemple de chasser les fourmis blanches de mes provisions ! Voilà ma vie (1). „

Si les privations forment le fond de ces voyages au travers de régions inconnues, parmi des peuples ennemis, sous un soleil implacable; si la maladie, la fatigue, les responsabilités harcèlent ces hommes virtuellement séparés du monde, ils ont, pour soutenir leur résolution, la grandeur du but à remplir, du devoir à accomplir, de la gloire à recueillir. " Leur vie active, qui les place dans des situations toujours nouvelles, agrandit l'horizon de leur esprit; les voyages étendent leurs connaissances; les dangers bravés chaque jour aguerrissent leur âme; il n'est pas jusqu'aux privations qu'ils endurent qui n'ajoutent à leurs qualités en les rendant ingénieux... Quand — l'explorateur — revient au milieu des siens, l'esprit orné par le souvenir, il a le sentiment légitime d'être supérieur à l'homme qu'il était avant de partir, et ceux qui l'entourent pensent comme lui (2). „ On ne peut se lasser d'admirer la vaillance et l'endurance du Belge dans ces périlleuses expéditions qui mettent à l'épreuve les caractères les mieux trempés; il a démontré un esprit de conduite, une énergie et une ténacité vraiment étonnants. Aussi les résultats obtenus sont-ils stupéfiants.

(1) *Lettres de Gordon à sa sœur.*
(2) Dr G. Reynaud.

Ces quelques tableaux, dont les tonalités se rapprochent et se fondent parfois, nous permettent de résumer la situation morale du blanc au Congo et d'aborder ainsi la synthèse de ces multiples états de conscience.

Les causes dépressives des fonctions organiques et des facultés intellectuelles sont nombreuses et variées, que l'individu soit sain ou malade. Les ambiances morales et physiques ne comportent en général aucune aide, bien au contraire. La lutte vitale apparaît dans toute son intensité, et l'obligation de modeler sa vie sur les circonstances s'impose rigoureusement. Ce sont des mœurs sévères à prendre, les désirs à refouler, les illusions à déchirer, la faim à assouplir, la soif à gouverner : existence artificielle d'un bout à l'autre, et dont la direction est dévolue à la raison et à la volonté.

Cet énoncé démontre que l'Afrique intertropicale doit être l'apanage des hommes en plénitude de leurs ressources physiques et de leurs forces morales, et non pas celui des jeunes gens, certes remplis des meilleures intentions et prêts à toutes les aventures, mais aussi gonflés d'illusions qui leur ménagent de cruelles déceptions. Leur organisme, d'ailleurs, en proie aux modifications physiologiques inhérentes à cet âge, n'offre pas la résistance voulue à la vie des tropiques.

Cette question d'âge ne fait plus aucun doute aujourd'hui ; l'unanimité du corps médical se prononce en faveur des hommes de 25 à 35 ans, au moins, pour les entreprises coloniales dans les pays chauds. " Le fait est, écrivait Gordon, dans une lettre datée de Lado, qu'aucun homme âgé de moins de trente-cinq ans ne devrait venir ici, à moins d'être déjà plus ou moins acclimaté. L'âge a ses compensations : on acquiert une certaine expérience en vieillissant et on ne se laisse pas abattre comme les jeunes gens „ qui... " ne supporteront jamais les fatigues et la malaria de ces pays ;... puis ils ne savent pas se plier à s'occuper de leur foie, etc. „ D'autre part, Germain Sée a démontré qu'à l'âge de 18 à 20 ans, l'hypertrophie du cœur est un phénomène physiologique à peu près constant. On conçoit l'influence nocive des hautes températures des tropiques sur un tel organe.

Nous avons indiqué, au début de ce travail, la difficulté avec laquelle les caractères faibles résistent à l'ensemble des activités dépressives du climat tropical, et combien est indispensable le concours incessant d'une volonté puissamment dirigée. Nous le comprendrons mieux encore, en passant en revue la somme des

modifications psychiques auxquelles est soumis l'Européen dans les pays chauds.

La diminution du pouvoir d'attention, de la faculté la moins solide parce qu'elle est de la plus subtile coordination, est un phénomène commun dont tout Africain a subi l'impression personnelle. Les symptômes observés dans cet ordre d'idées se rapprochent de la description que Forbes Winslow fait de la " période initiale de certaines maladies du cerveau et de l'esprit : le malade se plaint d'incapacité à gouverner et à diriger la faculté de l'attention. Il trouve qu'il lui est impossible, sans un effort visible et pénible, d'accomplir son travail mental accoutumé, de lire ou de comprendre... Conscient de cet affaiblissement d'énergie, le malade tâche de la reconquérir. Cette tentative, surtout si elle est soutenue, de faire converger l'attention sur un point, accroît souvent la confusion de l'esprit et produit une sensation physique de lassitude cérébrale et de céphalalgie. „ Sans atteindre à ce degré d'acuité, quel est le Congolais qui, au bout d'un séjour assez prolongé, n'ait ressenti ces phénomènes avec une netteté désagréable ? La lecture elle-même, qui est en réalité plutôt une récréation qu'un travail, est souvent insupportable. A l'arrivée du courrier d'Europe, sitôt épuisée l'excitation que ce léger changement dans les habitudes monotones et cette joie du souvenir réveillé exercent sur le cerveau, un sentiment de lassitude vient peu à peu affaiblir l'intérêt des nouvelles, et la lecture s'achève dans une désillusion, quand elle s'achève. Combien de lettres lues à demi, combien de journaux jamais dépliés !

Le travail compliqué de l'étude provoque aisément l'inertie mentale et des symptômes congestifs. Le corps est inondé de sueur ; le regard se trouble ; les tempes battent ; l'esprit est obnubilé. Ces états rebutent bientôt et le dégoût des occupations intellectuelles les plus simples se manifeste.

Les autres facultés supérieures offrent plus de résistance et très souvent maintiennent leur intégrité. " La vie intellectuelle peut se conserver dans les latitudes chaudes...Le temps ne paraît pas amoindrir les facultés, quand l'économie s'est adaptée au climat (1). „ Mais si l'équilibre physiologique ne s'établit pas ou perd sa stabilité, des troubles apparaissent dans les fonctions de l'esprit.

La mémoire devient paresseuse. Le travail mental réclame un effort de plus en plus pénible. L'intelligence, sans perdre sa luci-

(1) Dr Jousset.

dité, diminue en puissance; le jugement s'entrecoupe d'hésitations. " Les conceptions intellectuelles paraissent endormies... Elles peuvent soutenir un travail vif, rapide, mais elles ne peuvent le prolonger un long temps. La spontanéité des actes signalée chez les hommes des pays chauds devient l'apanage de l'Européen transplanté (1). "

La volonté s'affaiblit à son tour, lorsqu'une dépression notable des actions vitales provoque l'insensibilité relative de l'organisme aux impressions externes. La conscience de cet état mental, s'associant et se confondant avec les troubles de la nutrition générale, se révèle au dehors par l'irritabilité dans les rapports sociaux. Le mécontentement, la colère surviennent pour des causes futiles. L'individu devient acariâtre, grincheux, n'est satisfait de rien, est agacé de tout.

Une métamorphose analogue s'opère dans le domaine des sentiments, à des degrés variables d'ailleurs. Au fur et à mesure du temps de séjour, les souvenirs s'atténuent, perdent de leur précision, de leur exactitude : c'est un mirage qui s'évanouit. Les affections, les attachements, voire les plus légitimes et les plus naturels, tels que l'amour de la famille, diminuent d'intensité, de netteté; à certains moments, il semble même qu'ils n'ont jamais existé, et ce doute est une véritable souffrance. Dans d'autres cas, au contraire, la sensibilité s'exagère; les sentiments deviennent excessifs, les souvenirs s'avivent, les regrets sont cuisants, et la mélancolie s'installe quand la réaction nerveuse est épuisée.

Les événements d'Europe perdent petit à petit tout intérêt pour l'Africain, et c'est par le gros bout de la lunette qu'il parcourt les horizons sociaux de sa patrie. Des faits qui, autrefois, avaient le don d'exciter l'enthousiasme ou simplement la curiosité, sollicitent à peine l'attention et finissent par ne plus éveiller qu'une indifférence méprisante.

Trouvons dans cette constatation une preuve de l'insuffisance des moteurs humains pour le bonheur et disons avec Sénèque : " Quand on songe, après plusieurs années, aux choses qui nous ont paru à un moment capitales et importantes, quelles futilités ! et comme on s'étonne qu'elles aient pu nous occuper ou nous passionner au point que tout eût semblé perdu si nous ne les eussions pas faites. "

En résumé, chez l'Européen en peine d'acclimatement, les fonctions cérébrales supérieures sont ralenties. Il y a une sorte

(1) Dr Jousset.

d'interruption ou plutôt d'encombrement dans les voies de conduction nerveuse, dû à des dérivations d'influx exagérées et anormales, à des troubles circulatoires qui modifient les conditions de la nutrition organique, diminuent la résistance du système nerveux et activent sa déchéance.

Au contact de la nature, dans la mélancolie irrésistible de cette terre d'Afrique, la sensibilité s'accuse, s'affine; l'imagination glisse à la rêverie. De lointaines pensées surgissent au fond de l'âme; des rapprochements bizarres s'imposent; le blanc devient grave et réfléchit. La faiblesse, le néant de sa personnalité se révèle à sa conscience. Son regard dépasse les horizons accoutumés; il juge du peu de place que son être occupe dans l'évolution du monde. Ses aspirations s'élèvent; s'il est doué d'une saine moralité, le rôle qu'il a assumé en Afrique va lui apparaître dans sa totale grandeur. Cette appréciation exacte de la tâche, cette raison du devoir éclairera ses responsabilités et fortifiera sa volonté. Son âme s'épanouira en nobles sentiments au regard de sa conscience.

La nature, intimement mêlée en Afrique à la vie du blanc, lui révélera ses splendeurs par une succession croissante de découvertes. L'homme élève son intelligence et épure sa pensée dans la contemplation des œuvres de la création. Les mots Devoir, Gloire, que le sensualisme moderne en suite de jouissances ravale à son niveau, prennent au contact de l'Afrique, de sa vie de lutte, de ses virginales solitudes, une proportion digne de leur valeur réelle. Sous cette poussée d'idéal, la volonté retrouve des forces et accentue sa puissance au point de donner à l'homme l'énergie voulue pour résister aux défaillances, le courage dans le danger, l'humeur ardente et patiente, la force sublime du sacrifice. Dans la satisfaction conséquente de ces hautes vertus, l'individu trouvera en lui-même la récompense de ses efforts. Jamais lassitude ni regret n'assombrissent les jouissances de l'âme et de l'esprit, comme ils avilissent les plaisirs les plus vifs de la vie animale.

Si nous nous résumons maintenant au point de vue strict du caractère, nous constatons que, si d'un côté l'existence des blancs isolés est plus rude que celle des blancs résidant en société, de l'autre leur caractère est, par compensation, dépourvu des défauts en quelque sorte inhérents au milieu colonial.

La camaraderie se heurte dans les sociétés des colonies tropicales aux préjugés de caste, aux obligations de service; le rapprochement forcé, le perpétuel coude-à-coude d'éducations profon-

dément dissemblables, engendrent des sentiments que l'individu doit contenir et refréner. C'est une souffrance inconsciente et continue dont il ne parvient à se débarrasser que par un énorme effort moral, en se mettant au-dessus de la vie réelle. Cette tension nerveuse est constamment rompue par les multiples exigences de l'organisme, les besoins physiques, les rapports sociaux, les responsabilités et les obligations. L'individu tourne dans un cercle vicieux : ces réactions incessantes, ces dépressions renouvelées, le sentiment de sa faiblesse vis-à-vis de la multiplicité des sensations, finissent par assombrir son caractère. Peu à peu, par lassitude et par dégoût, il dérive vers l'égoïsme, et se replie sur lui-même dans un soin jaloux de sa personne.

Mais, en regard de ces traits noirs, quel consolant et reposant tableau ne s'offre point à nos yeux dans la vie d'aventure de l'explorateur et dans la vie de dévouement du missionnaire ! Jeune souvent, toujours hardi, audacieux, rempli d'entrain et de confiance, insoucieux de sa personne, sans autre but que le devoir il va, il lutte, il vainc, il succombe ; à travers les plus atroces privations et les plus écrasantes responsabilités, il conserve le calme et la sérénité !

Et cependant, que faut-il admirer le plus, dans cette œuvre étonnante du Congo, des courageuses vertus de l'explorateur et du missionnaire, ou de la ténacité et de l'initiative des administrateurs ? De quelle fermeté, de quelle persévérance, de quelle raison n'ont point dû faire preuve ces pionniers pour assurer la conquête et établir d'une façon durable la domination de leur race sur ces populations barbares !

A force de patience, les Belges ont créé au Congo une organisation politique à l'abri des surprises. Leur milice indigène est réellement très forte, et on a pu apprécier la discipline, l'air martial et l'instinct guerrier de ces soldats lors de l'Exposition coloniale de Tervueren. Boma, Matadi, Léopoldville, sites autrefois sauvages et désolés, sont aujourd'hui de riantes bourgades, aux maisons confortables, dont l'hygiène publique, la voirie, sont en plein développement. Une flottille de steamers, amenés par morceaux au prix des plus dures fatigues par la route des caravanes, sillonne les eaux du Haut-Fleuve. Le chemin de fer de Matadi au Pool est terminé ; cette œuvre représente une somme d'efforts incalculable et peut être considérée comme le travail de ce genre le plus grandiose d'un siècle fécond en merveilles. La traite, ce fléau de l'Afrique, a disparu dans l'effondre-

ment de la domination arabe, épopée à laquelle Dhanis a attaché son nom. La paix règne au Congo et le commerce est florissant.

L'effort a été immense de vigueur et de persévérance, et l'œuvre accomplie en quinze ans est stupéfiante. Le Belge s'est révélé un colonisateur de première force ; il possède les qualités et les vertus. nécessaires pour cette vie lointaine ; sa volonté est puissante et n'a d'égale que son abnégation ; il réunit l'initiative hardie et l'esprit de conduite; son courage est à toute épreuve. Rien ne l'a rebuté, ni rigueurs du climat, ni souffrances d'exil. Dans un milieu diamétralement opposé à ses habitudes héréditaires, il a su conserver la sérénité de caractère qui est l'indice d'un équilibre fonctionnel parfait.

Aussi est-ce avec plaisir et avec fierté, que les vieux Africains regardent en arrière et suivent l'évolution rapide de la civilisation, que leur volonté, leur énergie, leur sacrifice ont implantée au cœur même de l'inaccessible continent, pour la plus grande gloire de notre chère Belgique et le plus grand honneur de notre Souverain !

Dr A. Jullien,
Médecin agréé de la Cie du Chemin de fer du Congo.

II

L' « INTELLIGENCE » DU CHIEN

Phox est un épagneul très épris de la chasse pour laquelle il a été très bien dressé. Il passe ordinairement ses nuits couché sur le seuil extérieur de la porte de la chambre qu'occupe son maître. Ce dernier a l'habitude, la veille au soir des jours de chasse, de déposer ses bottes au dehors devant cette porte.

Or, un soir que deux amis étaient venus lui proposer une partie pour le lendemain matin, avec rendez-vous chez un ami commun demeurant dans une ville ou bourgade voisine, à peu de distance de là, le maître de Phox, par oubli ou par toute autre cause, ne mit pas, comme à l'ordinaire, ses bottes hors de sa chambre. Phox était présent lors de la convention réglée entre les trois amis ; suivant son habitude, il s'endormit, la nuit venue, devant la porte de son maître.

Le lendemain matin, au moment du départ, Phox ne répond

pas à l'appel. On le cherche en vain ; il avait disparu. On se met en route sans lui, assez en peine à son sujet. Mais voilà qu'en arrivant à la petite ville ou bourgade, lieu du rendez-vous, on aperçoit Phox qui, contrairement à tous ses antécédents, avait devancé l'appel de son maître. Il avait donc, serait-on porté à conclure, compris la conversation de la veille au soir ; le matin, à son réveil, ne voyant pas près de lui les bottes de son maître, il en avait conclu que celui-ci était déjà parti, et sachant de quel côté il avait dû se diriger, l'intelligent Phox s'était empressé de s'y rendre lui-même.

Les faits analogues ou équivalents que l'on pourrait citer de la part de chiens de bonne race et bien dressés, seraient nombreux. Par exemple le chien *Bob*, stylé au service de la maison de son maître et qui, à ces commandements : " Bob, va chercher mes pantoufles ! — Bob, va chercher mon mouchoir ! — ou bien encore, Bob, va chercher Un tel ou Une telle ! „ allait, sans jamais se tromper, chercher et rapporter l'objet ou ramener la personne qu'on lui avait désignés.

Une petite chienne du nom de *Nell* accourait quand, dans la conversation des personnes présentes, intervenait le mot *chien*. Lorsqu'on lui présentait un os ou autre objet à manger de nature à salir le parquet, il suffisait de ces paroles impératives : " A la cour! „ pour que Nell allât aussitôt manger à la cour la friandise reçue.

Ne serait-on pas porté à supposer que Bob et Nell comprenaient certaines phrases ou au moins certains mots ? qu'une série de déductions que Nell avait faites dans sa cervelle lui avaient appris qu'elle était un chien ? qu'une opération intellectuelle pareille avait fait comprendre à Bob qu'on devait se réunir le lendemain matin à la ville voisine pour de là se mettre en chasse, etc. ?

Et de fait, on lit parfois dans des revues scientifiques sérieuses et sous la plume de savants qui sont loin d'être les premiers venus, des réflexions dans le genre de celles-ci :

" Au point de vue de l'*intelligence*, le chien vient en bonne place dans la série zoologique. „

" Les exemples de chiens ayant témoigné d'une ingéniosité, d'une sensibilité et d'un dévouement tels que l'homme n'eût pas fait mieux en pareilles circonstances, sont innombrables. „

" En voyant l'attention avec laquelle le chien s'intéresse aux paroles et aux actes de son maître, son désir de lui être agréable, son regret d'avoir mal fait, son étonnement devant l'injustice

(textuel), combien de fois n'arrive-t-il pas de penser qu'à l'intelligente bête il ne manque que la parole ? „

Et le naturaliste à qui nous empruntons ces paroles d'ajouter :

“ La parole lui manque, en effet, et, pas plus qu'aucun autre animal, il ne saurait acquérir ce don du langage articulé qui constitue une prérogative très caractéristique de l'homme. „

Cette réflexion est la vérité même ; il n'y a rien non plus à objecter à celle qui suit, au moins dans les termes où elle est présentée :

“ En revanche, si le chien ne parle pas, les mots que nous prononçons ne frappent pas toujours inutilement ses oreilles. „

Examinons un peu, si vous le voulez bien, ce qu'il peut se rencontrer d'excessif et partant d'inexact dans les appréciations qui précèdent ; et, pour cela, recherchons ce que peut bien être la psychologie de la bête.

Celle-ci, qu'elle soit mammifère, reptile ou insecte, n'est, assurément, point une machine, comme le soutint jadis l'école cartésienne. Mais elle n'est pas davantage une sorte de diminutif de l'homme, un être seulement moins avancé que lui dans son stade évolutif, n'en différant psychologiquement que par un degré intellectuel moindre. Toutefois la bête est un être qui sent, qui éprouve des besoins, des appétits, jouit et souffre, et possède par suite la connaissance particulière et concrète des objets et des faits matériels qui impressionnent ses organes et ses sens. Des images se forment et s'associent dans son cerveau, se combinent entre elles de mille manières et déterminent de sa part des actes qui offrent l'apparence et parfois nous donneraient même l'illusion d'avoir été déterminés par un raisonnement.

Or, la bête connaît par les sens, mais ne connaît que par eux et sans pouvoir jamais s'élever par leur concours jusqu'à la pensée, à l'abstraction, à l'idée, en un mot à ce qui constitue à proprement parler l'intelligence. L'homme, au contraire, connaît par l'esprit en même temps que par les sens ; sur l'image son esprit greffe la pensée abstraite, l'idée pure. En sorte que, animal par son corps, ses organes, ses sens extérieurs, ses facultés sensibles, l'homme est en même temps esprit par la propriété tout immatérielle de s'élever, au moyen de l'abstraction, à la notion de l'universel et de l'absolu, et, par là, à toutes les catégories de l'immatériel.

Cette propriété, cette faculté, ce don, et cela seul, est, à proprement parler, l'intelligence.

Étudions donc, à la lumière de ces données, quelques-uns des " innombrables „ exemples de chiens (on pourrait en citer d'un grand nombre d'autres espèces animales) " ayant témoigné d'une ingéniosité, d'une sensibilité et d'un dévouement tels que l'homme n'eût pas mieux fait en pareilles circonstances. „

Remarquons d'abord que la sensibilité n'est pas, en soi, de l'intelligence, et que le dévouement ne requiert pas nécessairement celle-ci.

Mais surtout l'attention avec laquelle le chien s'intéresse aux paroles et aux actes de son maître, son désir de lui être agréable, et plus encore " son regret d'avoir mal fait, son étonnement devant l'injustice „ demandent d'importantes réserves, plus même que des réserves.

Si le chien s'intéresse aux paroles et aux actes de son maître, ce n'est pas en tant que *paroles*, autrement dit en tant qu'expression d'idées, ni en tant qu'*actes* pris en soi ; c'est en tant que sons de voix et gestes ou mouvements associés dans son cerveau à l'image de choses qui donnent satisfaction soit à ses appétits, à ses besoins, à ses instincts, soit même à son attachement à son maître, tout un ensemble qui n'implique point l'intervention de l'intelligence.

Le soi-disant regret d'avoir mal fait ne comporte rien autre que la crainte du bâton ou de la cravache dont les caresses... cuisantes se sont fait sentir antérieurement sur le dos du chien, chaque fois que l'acte délictueux a été perpétré. Quant à son " étonnement devant l'injustice „ (!), il faudrait tout au moins qu'on pût citer un seul exemple prouvant d'une manière évidente que le chien a effectivement la notion, l'idée du juste et de l'injuste, du bien et du mal, le sens moral en un mot. Ce chien-là serait un être véritablement intelligent, responsable de ses actes, un être moral ; et nonobstant sa condition de quadrupède, il ne serait plus un chien, il ne serait plus une bête.

On ajoute, il est vrai, que bien qu'il semble que la parole seule manque " à l'intelligente bête „, cependant pas plus qu'aucun autre animal, elle ne saurait acquérir le don du langage articulé, prérogative très caractéristique de l'homme.

A la bonne heure ! et sur ce point il n'est pas possible de n'être pas d'accord.

Mais pourquoi donc le chien, pas plus qu'aucun autre animal, ne saurait-il acquérir le don du langage articulé ou de la parole, qui est, par lui-même, une prérogative spécifique de l'homme?

Dira-t-on que la conformation des organes vocaux du chien comme de tous les autres animaux ne lui permet pas l'émission de sons articulés ?

Ce serait une pauvre réponse ; car, d'une part, nombreux sont les oiseaux de la famille des psittacidés dont la langue et le larynx sont conformés de telle sorte qu'ils peuvent reproduire tous les sons articulés qu'on leur fait entendre, sans d'ailleurs y attacher aucun sens. D'autre part, les sourds-muets, à qui est refusé l'usage de la parole, savent y suppléer par des systèmes de signes analogues et correspondant comme celle-ci à des idées.

A la différence du langage purement sensitif, comme les cris de joie ou de douleur, l'expression de la crainte, d'un sentiment ou d'une passion quelconque, lequel est commun à l'homme et à l'animal, le langage articulé correspond, il est essentiel de le redire, à des idées. Si l'homme parle, c'est bien moins parce que ses organes vocaux le lui permettent que parce qu'il a des idées, et que, ayant des idées, il éprouve le besoin de les exprimer, de les communiquer à ses semblables et d'en faire échange avec eux.

S'il est vrai, comme on ne peut le contester, que les mots que nous prononçons ne frappent pas toujours inutilement les oreilles des animaux, l'on n'en saurait conclure qu'ils en comprennent le sens à notre manière, en d'autres termes, que celles de nos paroles auxquelles ils obéissent éveillent en eux les idées que ces mots représentent. Mais la forme du son des mots qu'ils entendent, comme celle des gestes ou jeux de physionomie qui les accompagnent ou les remplacent, s'associe dans leur cerveau aux faits ou aux objets, par voie de consécution empirique, comme l'a dit Leibnitz (1).

Le chien à qui son maître dit : " Bob, va chercher mes pantoufles,... mon mouchoir,... ramène telle ou telle personne ", et qui, suivant l'un ou l'autre de ces commandements, rapporte effectivement mouchoir ou pantoufles, ou bien ramène par le bas du vêtement la personne indiquée, n'a certainement pas l'idée générale de pantoufle ou de bottine ou de personne ; il n'a pas davantage l'idée d'exécution d'un ordre donné. Mais il a été habitué par un long et patient apprentissage à associer l'image des pantoufles et celle du mouchoir de son maître au son correspondant à chacun de ces objets; le même long et patient

(1) *Nouveaux Essais*, t. Ier des *Œuvres philosophiques*, édition Paul Janet.

apprentissage l'a habitué à les aller chercher là où il les a vu ranger, ou bien où son odorat l'avertit que ces objets sont placés, et à les rapporter à son maître. De même, on l'a habitué à associer dans son cerveau l'image de certaines personnes au son formé par le nom de ces personnes, et il va à leur recherche quand on les lui nomme.

Tous les actes de ce genre, en apparence si intelligemment accomplis au commandement exprimé soit par paroles,soit même par gestes, ne s'obtiennent de l'animal qu'à la suite d'une éducation spéciale, faite et dirigée par l'homme, et dont les éléments consistent exclusivement dans l'appât d'un plaisir ou la crainte d'un châtiment habilement présentés comme suite de l'imitation, exécutée ou non exécutée, des actes accomplis sous ses yeux par son éducateur.

Pour que le fait, par le chien Bob, d'aller chercher les objets ou les personnes désignés par son maître dénotât une intelligence véritable, il faudrait que ce fait résultât purement et simplement d'un ordre donné une première fois et sans apprentissage, disons mieux, sans *dressage* préalable.

S'explique pareillement et sans aucune intervention intellectuelle la docilité de Nell à aller, au commandement, manger dans la cour l'os ou la friandise qui, à l'intérieur, aurait pu salir le parquet. De même son empressement à arriver quand elle entend prononcer le mot *chien* : cela ne prouve en aucune façon qu'elle sache qu'elle est un chien, qu'elle appartient à l'espèce chien. Elle répond au nom de *chien* comme elle répond au nom de *Nell*, par l'association de ces deux sons avec le fait d'accourir auprès de la personne qui les a émis.

L'exploit de l'épagneul Phox qui, ayant entendu son maître annoncer qu'il irait chasser le lendemain matin avec un ami habitant une localité voisine, devance le moment du départ et arrive avant son maître au lieu habité par la personne désignée, — ce fait dénote un animal très amoureux du plaisir de la chasse, très habitué à associer dans son imagination l'image des personnes avec les noms par lesquels il les entend appeler. De même, il a été habitué à associer l'image des bottes de son maître à l'extérieur de la porte avec la présence de celui-ci, leur absence avec son absence ; dès lors, se réveillant le matin sans voir, comme d'habitude, les bottes à côté de lui, son instinct le pousse à s'élancer dans la direction du lieu habité par la personne connue de lui et qu'il a entendu nommer la veille. Or, rien de tout cela ne nécessite une véritable opération intellectuelle : il y suffit de

l'attrait du plaisir, de l'imagination et de la mémoire, toutes facultés de sensibilité et non d'intelligence.

Cette explication des opérations, en apparence intellectuelles, des animaux est tellement dans la nature des choses, que les esprits éclairés qui signalent l'"intelligence„du chien, l'"ingéniosité„, les"opérations intellectuelles„du chien, finissent eux-mêmes par aboutir parfois à des conclusions voisines, quand ils veulent expliquer la perspicacité des animaux, chiens ou autres, dont les actes en apparence extraordinaires sont le plus volontiers mis en avant.

Ils posent d'abord cette question :

" Comment une bête, livrée aux seules ressources *de sa rudimentaire intelligence*, peut-elle atteindre un tel degré de perspicacité ? „

Avant d'examiner la réponse, observons que ce qui est désigné sous l'appellation de " rudimentaire intelligence „, il faut l'appeler " connaissance concrète „, " perception sensible „, ou de toute autre expression analogue, mais non point du nom d'intelligence; car qui dit *l'intelligence*, dit *la raison*. Ainsi l'expose l'Ange de l'École dans un grand nombre de passages, entre autres dans les suivants (1) :

" Ratio et intellectus in homine non possunt esse diversæ potentiæ. „

Et pour définir *intellectus*, saint Thomas ajoute :

" Intelligere enim est simpliciter veritatem intelligibilem apprehendere „, tandis que le raisonnement arrive à la vérité en procédant du plus connu au moins connu : " Ratiocinari est procedere de uno intellecto ad aliud, ad veritatem intelligibilem cognoscendam. „

Mais l'intelligible, l'intellect, la vérité, ce sont là des notions essentiellement générales, abstraites, qui n'ont et ne peuvent avoir aucune représentation matérielle; et, de toute évidence, elles ne sauraient être perçues, saisies *(apprehendere, apprehensæ)* par des organes matériels, fût-ce du plus perspicace, du plus adroit, du plus déluré représentant de l'espèce canine.

Cette réserve faite concernant la prétendue " intelligence rudimentaire „ de la bête, voyons la réponse donnée à la question de tout à l'heure par son propre auteur.

La solution du problème, nous dit-on, " repose sur une diffé-

(1) *Summ. theol.*, Pars 1ª, Quaest. 79, art. 8.

rence essentielle entre la signification des mots et la valeur mnémonique des sons qui les traduisent „.

Ce point est capital : les mots, en effet, ne représentent au sens de l'animal que le son, la forme de son qu'il perçoit et qui s'est gravée dans sa mémoire, et c'est avec raison que l'auteur de la réponse ajoute : " Les syllabes ne correspondent pour l'animal à l'obligation d'un acte que si elles sont assemblées d'une certaine manière, toujours la même, soigneusement enregistrée par sa mémoire „, et, ajouterons-nous, qu'il a associées empiriquement avec l'acte correspondant, au lieu de dire, comme notre auteur : " dont il est arrivé une première fois à démêler le sens „; car l'animal, chien ou autre, ne démêle rien du tout; il associe des images auditives, visuelles ou quelconques et des consécutions, et agit d'après cet assemblage gravé dans son cerveau.

On ajoute :

" Il (le chien) a bien son langage à lui, composé d'interjections et de cris suffisants pour faire connaître ses impressions de chien à ses congénères et pour recueillir les leurs. Mais son vocabulaire se borne à quelques sons très simples qu'il ne peut même pas assembler; quant à sa syntaxe, elle est nulle, et il y aurait un abîme à combler avant qu'il puisse même soupçonner les secrets du mécanisme de la plus rudimentaire proposition. „

Assurément le chien, comme tant d'autres représentants du règne animal, a bien, comme il vient d'être dit, son langage à lui. Mais c'est, nous l'avons exposé plus haut, un langage exclusivement sensible ou mieux sensoriel, qui exprime des impressions, des passions, telles que joie, douleur, crainte, colère, tendresse, etc., mais jamais des idées. C'est trop lui prêter que de lui attribuer un *vocabulaire*, ce vocabulaire fût-il " borné à quelques sons très simples qu'il ne peut même pas assembler „. L'aboiement du chien, le glapissement du renard, le hurlement du loup, le hennissement du cheval, le sifflement du serpent, etc., etc., ne sont en aucune manière des mots, *vocabula*, même très simples, mais des sons inarticulés, indéterminés, expression ou manifestation de la sensibilité et des phénomènes qui s'y rattachent. Ne correspondant à aucune idée, ils ne sont pas des mots; car le *mot*, répétons-le, implique l'*idée;* ils ne sauraient donc constituer un " vocabulaire „ au sens véritable de l'expression. A bien plus forte raison ne saurait-il y être question de " syntaxe „; celle-ci y est incontestablement " nulle „, mais le " vocabulaire „ l'est également.

Au surplus, n'est-ce pas, en d'autres termes, l'empirisme signalé par Leibnitz dans les actes de la bête, que décrivent les lignes suivantes ?

" Quand le chien obéit à la parole de son maître, il n'a pas la compréhension de ce qui lui est dit; mais sa mémoire fait une série de rapprochements qui aboutissent, en définitive, à une corrélation entre un acte à accomplir et un certain assemblage de syllabes. „

La consécution empirique déterminant un acte donné n'est pas autre chose. Et puisque le chien, qui obéit à son maître par cette voie, n'a pas la *compréhension* de ce qui lui est dit, c'est donc qu'il n'agit point par intelligence. Par conséquent, il ne serait point exact de dire que le chien arrive ainsi " à démêler le sens de certains mots et même de certains jeux de physionomie de son maître „, car démêler le sens de certaines paroles ou de certaines expressions de physionomie est une opération assurément intellectuelle. Aussi le chien ne la fait-il pas. Ce à quoi il arrive, c'est à associer le son de tels ou tels mots ou l'aspect de tel ou tel mouvement de physionomie au fait particulier à accomplir : il l'accomplit alors fatalement.

Ainsi se trouvent réduits à leur juste valeur les efforts non pas d' " intelligence „ — on en voit la raison — mais bien de connaissance sensitive, d'associations et de combinaisons d'images, de consécutions empiriques, nécessaires au chien comme à tout animal convenablement dressé pour obéir au commandement de l'homme.

Si le lecteur a bien voulu comparer les explications entre guillemets des actes soi-disant intelligents de Phox, de Bob et de Nell, avec la discussion, parfois même la réfutation de ces explications, il aura pu remarquer qu'il y a eu là, en général, une querelle plutôt verbale, et que, dans le fond, notre interlocuteur et nous-même étions à peu près d'accord.

Alors, se dira-t-on, à quoi bon une discussion qui n'est guère qu'une dispute de mots, quand on est d'accord sur le fond des choses ?

A quoi bon ? Ah ! c'est que, en pareille matière, les mots ont une singulière importance, leur confusion entraînant la confusion des idées. Donner, sans restriction ni réserve préalables, le nom d'intelligence à la faculté de connaissance sensorielle des animaux, c'est faire, *volens nolens*, le jeu de l'école matérialiste qui

ne veut voir, entre l'intelligence humaine et la soi-disant intelligence animale, qu'une simple différence de degré, non de nature.

L'homme n'étant, à ses yeux, qu'un pur animal, parvenu seulement à un stade d'évolution un peu plus avancé que ceux qui viennent immédiatement après lui dans l'échelle des organismes vivants, tire comme eux, suivant elle, sa primitive origine des degrés les plus infimes de l'animalité. Et grâce à cette confusion de mots dont nous parlions tout à l'heure, cette étrange doctrine pénètre dans les milieux scientifiques les plus noblement imbus d'un sincère spiritualisme et d'un théisme avéré.

N'avons-nous pas eu l'occasion de relever naguère cette singulière inconséquence chez un prince de la science, épris d'ailleurs des idées les plus nobles et les plus élevées sur le plan divin dans la nature et sur la souveraine sagesse du Créateur? Les premiers linéaments de l'intelligence, d'après cet éminent naturaliste, se seraient rencontrés dans les mollusques et autres organismes élémentaires des premiers âges géologiques! — L'esprit de l'homme aurait ainsi commencé et suivi la progression des primitifs organismes eux-mêmes. Ceux-ci étant arrivés, d'enchaînements en enchaînements progressifs, à l'organisme humain, le plus parfait de tous — de même les instincts rudimentaires des mollusques primaires auraient marché de pair avec le processus organique, se perfectionnant d'âge en âge, pour s'épanouir, dans l'organisme humain, aux pleines lumières de la raison (1).

Dans cette étude même, dès la seconde page, ne signalions-nous pas l'attribution à un chien du " regret d'avoir mal fait " (autrement dit, du remords), et de l' " étonnement devant l'injustice " ?

Assertions singulièrement graves dans leurs conséquences, si elles étaient prises dans la propriété exacte des termes employés. Car à quelles déductions l'implacable logique ne conduirait-elle pas, si l'on admettait chez la bête le sentiment du remords qui implique nécessairement la notion du bien et du mal, et si on lui accordait le discernement du juste et de l'injuste!

Sans doute, si d'une observation patiente des faits, d'une expérimentation méthodique et suivie, l'on arrivait à constater, *sans autre interprétation possible,* qu'un animal a réellement le

(1) Cf. REV. QUEST. SCIENT., janvier 1898 : *De l'évolution progressive de la connaissance.*

sens du bien et du mal, du juste et de l'injuste, même au degré le plus élémentaire, il faudrait bien accepter le fait constaté.

Mais cette constatation, elle n'a jamais été faite, et nous défions qu'on la fasse jamais. Car un tel fait impliquerait nécessairement d'autres faits corrélatifs dont la non-existence est incessamment constatée : tels le langage intellectuel, la conversation, la tendance au progrès, et le reste.

Voilà comment, en un tel ordre de choses, à la confusion des mots correspond une complète confusion dans les idées. Il est vrai que quand, dans le langage courant, l'on parle de " l'intelligence „ de tel ou tel animal ; quand on dit, par exemple, que telle espèce ou telle race est plus ou moins intelligente que telle autre, on n'a nullement la pensée de mettre cette sorte d'intelligence en parallèle avec celle de l'homme. Tel, par exemple, qui citera volontiers " l'intelligence „ de son chien, de son furet ou du renard qui lui échappe par ses ruses, n'ira certainement pas jusqu'à lui accorder le don de la raison, ce qui est cependant une sorte d'inconséquence.

Au fond, l'espèce d'intelligence *sui generis* que l'on a en vue en pareille occurrence, n'est autre que cette connaissance sensitive ou sensorielle dont nous avons parlé, qui ne s'exerce que sur le concret et le particulier et ne dépasse pas le domaine des sens. Seulement, dans l'usage courant, on ne fait pas cette distinction fondamentale, on ne s'en rend même pas compte ; et de l'habitude d'appliquer la dénomination d'intelligence aux opérations de connaissance sensitive de l'animalité, il découle une confusion involontaire et inconsciente entre cette sorte d'intelligence matérielle et inférieure et l'intelligence véritable, celle devant laquelle s'ouvre et s'étend le domaine des idées qu'elle embrasse et s'assujettit.

Que, dans la pratique habituelle des conversations superficielles et du langage familier, cette confusion, qui résulte après tout du manque dans notre langue d'un terme approprié, n'ait pas grand inconvénient, on peut encore l'admettre. Mais dès là que l'on sort de la langue vulgaire pour développer des considérations d'ordre philosophique et par conséquent scientifique — car la philosophie, elle aussi, est une science — il serait souverainement désirable que l'on s'appliquât avec le plus grand soin à éviter une ambiguïté de termes qui entraîne à des conséquences aussi fausses et aussi dangereuses. Et si, pour ne pas tomber dans des circonlocutions et des tours de phrase pouvant

nuire à la clarté du discours, on croit devoir se conformer à l'usage, au moins faudrait-il, à l'aide d'exactes définitions, donner à entendre, au préalable, qu'on n'emploie le mot *intelligence*, quand il s'agit de l'animalité, que faute d'un terme meilleur et en spécifiant bien qu'il ne s'agit pas de l'intelligence rationnelle, *intellectuelle*, mais seulement de la connaissance sensitive et des opérations d'association, de consécution et d'empirisme auxquelles, en un grand nombre de cas, elle se prête d'ailleurs merveilleusement.

JEAN D'ESTIENNE.

III

UN MOT DE BIOLOGIE GÉNÉRALE

A PROPOS D'UN LIVRE DE M. YVES DELAGE (1)

Le but du livre que nous présentons aux lecteurs de la REVUE est d'intéresser davantage les savants et les philosophes français aux questions de biologie générale.

Qu'est-ce au fond que la cellule, ce mystérieux élément dont sont faits tous les êtres vivants ? Comment vit-elle ? Pourquoi, au lieu de grandir indéfiniment, se divise-t-elle à un instant donné, et quelle est la raison des phénomènes qui préparent et accompagnent cette division ? Au début, les cellules d'un organisme en voie de formation paraissent identiques : comment sont-elles amenées à se partager le travail des différentes fonctions, à se différencier les unes en tissus cartilagineux ou osseux, les autres en fibres musculaires, nerveuses, etc... ? Et la régénération ? Vous coupez un ver de terre en deux; la queue reproduit une tête et la tête une queue : pourquoi ?

A ces importantes questions de l'ontogénèse, ajoutez les problèmes plus captivants encore de la phylogénèse : l'hérédité,

(1) *La structure du Protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la Biologie générale*, par Yves Delage, professeur à la Sorbonne. Un volume grand in-8° de XVI-878 pages avec figures. Paris, Reinwald et Cie, rue des Saints-Pères, 1895.

l'origine, l'évolution des espèces, et vous comprendrez pourquoi les recherches de biologie générale se poursuivent avec tant d'ardeur, en Angleterre notamment et surtout en Allemagne. En France au contraire, dit M. Delage, on s'attarde à la surface; on s'éternise à disséquer, à couper au microtome, à colorer, à disséquer, sans autre ambition, le plus souvent, que de redresser une minime erreur de détail anatomique ou histologique.

Lui-même a suivi le courant. " J'ai débuté dans les sciences naturelles, dit-il, par une monographie du système circulatoire des Crustacés décapodes. J'ai passé beaucoup de temps et dépensé quelque adresse à injecter nombre de ces animaux. A quoi suis-je arrivé ? A reconnaître que le cœur a telle forme et telles dimensions; qu'il envoie tant d'artères en avant, quatre ou cinq plus qu'on ne croyait; tant d'autres en arrière, dont on ignorait l'existence; enfin, qu'il y a devant le système nerveux un vaisseau remarquable que l'on ne soupçonnait pas. Qu'est-ce que cela nous fait ? En quoi ce détail a-t-il élargi ou modifié notre conception du crustacé ou de la fonction circulatoire (p. 6) ? "

Ce réquisitoire condamnant la direction des recherches biologiques en France a suscité, entre M. Delage et M. Giard, une vive, trop vive, polémique.

Quelle que soit l'opinion que l'on embrasse, on se félicitera que le savant professeur à la Sorbonne ait écrit ce livre pour défendre la sienne.

Il se divise en quatre parties. La première comprend les faits et leur interprétation, en dehors de toute préoccupation théorique; elle se subdivise elle-même en trois livres : la Cellule, l'Individu, la Race (1). Ce sont les trois termes de complication progressive à propos desquels se posent les grands problèmes biologiques.

Les deux parties suivantes sont consacrées l'une aux théories spéciales, l'autre aux théories générales.

Les premières s'attachent uniquement à quelque point particulier : division cellulaire, régénération, hérédité, variation, formation des espèces, etc... On peut entreprendre de résoudre ces questions sans connaître la constitution intime de la substance organisée. Les théories générales, au contraire, sont des systèmes complets qui prennent pour point de départ la cellule et le

(1) M. Delage appelle race l'espèce qui n'est, d'après sa conception transformiste, qu'une variation fixée.

protoplasme, et expliquent, ou mieux prétendent expliquer, l'essence même de la vie, son origine, ses modes de transmission et de développement.

Enfin, dans la quatrième et dernière partie intitulée *Théorie des causes actuelles*, l'auteur expose ses idées personnelles, " non pas, dit-il, à titre de théorie complète prétendant supplanter les autres, mais comme solution provisoire la plus probable, en attendant que les *expériences décisives*, s'il en est, aient pu permettre de se prononcer définitivement ".

Il est bien évident que nous ne pouvons songer à faire ici l'analyse détaillée d'un ouvrage aussi complexe. Voici ce qui nous a semblé le plus utile : donner les conclusions où M. Delage résume son analyse des théories générales et examiner ensuite un des aspects de sa théorie des causes actuelles, ce qui nous amènera à dire un mot de son appréciation sommaire de l'animisme.

De l'antiquité, dit M. Delage, partent trois courants d'idées biologiques. Le premier est le *courant animiste*. Dès son origine, il a toute sa largeur; il la conserve à travers tout le moyen âge ; mais il va, de nos jours, se rétrécissant en un ruisseau perdu.

Le *courant évolutionniste*, au contraire, commence dans l'antiquité par un mince filet, qui devient, vers les XVIe et XVIIe siècles, un fleuve majestueux, mais pour se resserrer brusquement et disparaître sans arriver jusqu'à nous. L'*évolutionnisme*, qu'on doit se garder de confondre avec l'*évolution*, est la théorie de l'*emboîtement des germes*. Pour ses partisans, les germes de tous les individus à naître jusqu'à la consommation des siècles sont contenus, emboîtés les uns dans les autres, dans les premiers représentants de l'espèce. Selon qu'ils placent l'emboîtement dans le spermatozoïde ou dans l'œuf, les évolutionnistes se partagent en spermatistes et en ovistes. Leur querelle remplit plus de deux siècles. Leeuwenhoek, Andry, etc... étaient spermatistes avec Galien; après qu'Harvey eut soupçonné, et que Graaf eut découvert l'existence des œufs chez les femelles des vivipares, l'ovisme prit naissance : Swammerdam, Malpighi au XVIIe siècle, Haller, Bonnet, Vallisnieri, Spallanzani au XVIIIe, en furent les principaux champions. Ces théories ont succombé sous les critiques de Maupertuis, de Wolff surtout et de Buffon. Personne ne croit plus aujourd'hui à l'emboîtement des germes, mais il reste une trace de l'erreur des ovistes dans l'opinion de ceux qui s'imaginent, par ignorance

plutôt que par obstination, que l'œuf fournit seul la matière de l'embryon et que le spermatozoïde ne lui communique qu'une impulsion évolutive.

Le troisième courant d'idées, pour lequel M. Delage a dû créer un mot, le *micromérisme*, présente dans sa marche l'allure inverse de celle de l'animisme. Il commence à sourdre dans l'antiquité " comme un faible ruisselet qui se réduit presque à rien dans les déserts du moyen âge, traverse la Renaissance sans se grossir des pluies bienfaisantes qui fertilisent autour de lui les sciences et les arts, et arrive aux temps modernes où, à partir de Buffon, il se dilate en un immense delta (p. 835). „

Les théories microméristes, si nombreuses et si variées, ont entre elles ceci de commun : elles attribuent la vie et la formation des organismes à la réunion de particules très petites, de nature spéciale, douées de propriétés dépendant de leur constitution, réunies en nombre immense et groupées d'une façon particulière dans chaque espèce d'êtres et dans chaque organe de l'individu. Mais que sont ces particules ? " Ici, dit M. Delage, l'imagination a le champ libre, et nous allons voir quelle est la richesse de ses conceptions, richesse, hélas ! proportionnelle à la pauvreté des faits positifs. „

L'idée de considérer ces particules comme des *éléments indestructibles* est une des plus anciennes qui se soient présentées, après les systèmes beaucoup trop vagues conçus dans l'antiquité.

Les *molécules organiques* de Buffon, les *microzymas* de Béchamp sont des éléments immortels, répandus partout, formant les êtres vivants par des associations temporaires, se dispersant à la mort de ceux-ci dans le monde inorganique, mais sans mourir eux-mêmes, et capables d'entrer dans de nouvelles combinaisons vivantes. " Cette théorie de Buffon, si ingénieuse et si fort en progrès sur les idées d'emboîtement des germes qui avaient cours à cette époque, a provoqué et provoque encore une juste admiration. Mais si, au lieu d'être du siècle dernier, elle appartenait à ces dernières années, on passerait outre en haussant les épaules. C'est un peu ce qui est arrivé pour la théorie de Béchamp qui n'a convaincu personne, sauf peut-être quelques élèves (p. 419). „

Les systèmes — il y en a beaucoup — qui voient les particules vitales elles-mêmes *se désagréger à la mort* des composés vivants sont à la fois plus souples et plus vraisemblables : on ne peut les condamner aussi sommairement.

H. Spencer (1888), Haacke (1893) et les périgénistes, Erlsberg (1874), Haeckel (1876) admettent que *ces particules sont toutes de même nature;* toutes, quelles que soient leurs différences secondaires, participent au même titre et de la même manière à la détermination de la forme de l'organisme dans son ensemble et de chaque organe particulier. Mais chacun comprend à sa manière la détermination des caractères anatomiques. Pour Spencer, elle dépend uniquement des *forces* moléculaires attractives des particules qu'il appelle *unités physiologiques;* pour Haacke, la *forme* des particules, *gemmes* et *gemmaires*, intervient à titre égal; les périgénistes, Erlsberg, Haeckel, auxquels il faut joindre Dolbear (1889), regardent comme facteur essentiel le *mouvement* vibratoire des plastidules.

Aux périgénistes, se rattachent quelques théoriciens qui, sans se prononcer sur la nature et les propriétés des particules, admettent avec eux qu'une certaine forme de mouvement moléculaire est la cause mécanique des phénomènes vitaux; tels sont His (1875), Cope (1889), Orr (1893).

Voici, en raccourci, les objections principales que M. Delage oppose à ces systèmes. Spencer, Haacke, et tous ceux qui ne voient dans l'organisme qu'une sorte de cristal, de forme extrêmement complexe, se heurtent à l'impossibilité d'expliquer pourquoi ces particules ne réalisent pas la forme cristalline parfaite dès qu'elles sont en nombre suffisant pour le faire; pourquoi elles forment une chenille avant de produire un papillon de taille égale. De fait, le caractère essentiel des forces de cristallisation est de suivre les voies les plus courtes et de disposer immédiatement dans leur arrangement définitif les particules soumises à leur action; comment admettre, dès lors, que les forces attractives d'agrégats moléculaires aussi compliqués qu'on voudra suffisent à agencer, dans leurs états d'équilibre successifs, des formes aussi différentes et aussi adaptées que la chenille et le papillon ? L'évolution qui suit des voies si détournées doit nécessairement obéir à des forces d'une autre nature que celles qui précipitent les unes vers les autres les molécules d'un cristal.

Substituer aux *forces* moléculaires des particules initiales, les *mouvements*, ondulatoires ou autres, qui les agitent; dire périgénèse au lieu de cristallisation, c'est couvrir simplement la difficulté d'un mot nouveau sans profit pour la science.

Aussi, en général, les naturalistes ont-ils trouvé plus commode *d'attribuer aux particules constitutives du protoplasma des*

natures diverses. Chaque particule ne doit plus étendre son influence à l'ensemble d'un organisme, mais sa sphère d'action reste limitée. C'est sur cette hypothèse, plus vraisemblable que les précédentes, que reposent les théories les plus en vogue aujourd'hui. Mais les constructions que l'on élève sur cette base commune varient avec l'idée que l'on se fait de la nature spécifique des particules et des forces qui régissent leurs propriétés.

Nous pouvons diviser ces systèmes en deux catégories principales. Dans la première, la diversité des particules ne correspond pas à celle des organes ou aux caractères de l'individu; elles engendrent l'organisme, en se groupant de certaines façons sous l'influence des forces dont elles sont le siège; mais aucune n'est prédestinée à former telle ou telle partie, à développer tel ou tel caractère : *elles ne sont pas représentatives.* Pour les uns, ce sont de simples molécules au sens physique du mot, et le protoplasma n'est qu'une vulgaire substance chimique : la vie qui l'anime résulte soit des propriétés physico-chimiques des molécules constitutives, soit de leurs propriétés chimiques seules. Jaeger (1879), Gautier (1886), etc... acceptent la première opinion; Hanstein (1880), Berthold (1886), défendent la seconde.

" Ces auteurs, dit M. Delage, ont choisi un terrain solide, car il n'y a pas à nier que les diverses parties de l'organisme n'aient des constitutions chimiques différentes... Mais sur cette base solide, ils n'ont rien édifié. Ni Hanstein, ni Berthold, ni Gautier, personne enfin n'a imaginé une théorie quelque peu complète de l'hérédité et de l'évolution fondée sur la constitution chimique du protoplasma. "

Cette insuffisance d'hypothèses et de déductions que l'on est en droit de reprocher aux théories fondées sur la conception de particules non représentatives, ne se retrouve pas dans les systèmes de la seconde catégorie. Ici *chacun des éléments constitutifs du protoplasma a une valeur représentative;* chacune des particules a, par avance, une signification déterminée par rapport aux organes ou aux caractères de l'être futur. Mais que représentent-elles ? Darwin (1880) et tous ceux qui ont suivi ou modifié sa théorie de la Pangenèse, Galton, Brooks, etc... admettent qu'elles représentent les cellules du corps. Weismann (1884), dans sa première théorie, les considère comme des parcelles minimes mais complètes des *Plasmas germinatifs* des ancêtres directs. Naegeli (1884), dans son hypothèse des *micelles* et de l'*idioplasma*, De Vries (1889), dans sa *Pangenèse intracellulaire,* y voient les représentants des caractères et des proprié-

tés élémentaires qui se combinent pour former les caractères et les propriétés de l'ensemble; enfin Weismann (1892), dans sa nouvelle théorie, marie, non sans habileté, l'idée de De Vries avec celle de Darwin.

M. Delage discute ces hypothèses; nous ne le suivrons pas dans le détail de cet éreintement, mais nous devons transcrire ici ses conclusions.

" A l'inverse des systèmes précédents, ceux-ci expliquent tout, ou du moins ont la prétention de tout expliquer; car tous présentent de grosses lacunes, bien plus, des impossibilités qui réduisent à néant leurs apparents avantages...

„ Tout le monde s'accorde à reconnaître l'invraisemblance des *gemmules* de Darwin, et quant aux *micelles, pangènes, idioblastes, biophores,* ou tout autre facteur de propriétés élémentaires qu'il plaira d'imaginer, nous avons démontré qu'il fallait les rejeter, comme insuffisants s'ils représentent des propriétés concrètes simples, comme inconcevables s'ils représentent des propriétés abstraites.

„ D'ailleurs, toutes ces hypothèses où l'on imagine de toutes pièces une constitution précise et compliquée du protoplasma sont condamnées d'avance, parce qu'elles inventent des choses qui ne s'inventent pas. — Je ne crains pas d'affirmer que si, par impossible, quelqu'un trouvait le moyen d'expliquer, sans exception aucune et sans laisser prise à aucune objection, la vie, l'hérédité, l'évolution ontogénétique et phylogénétique, et tous les grands processus biologiques si souvent énumérés dans cet ouvrage, il n'aurait pas résolu le problème, si pour cela il avait recours à des hypothèses attribuant au protoplasma une constitution compliquée, exigeant des particules à propriétés complexes, agencées d'une certaine manière très précise.

„ Je ne veux pas dire que la constitution du protoplasma ne puisse être très précise et très complexe, elle l'est certainement. Mais je dis que, si l'on peut entrevoir les grandes lignes de sa constitution, il est impossible d'en deviner les détails et que, si l'on a besoin pour sa théorie que ces détails soient précisément comme on les a imaginés et non un peu autrement, on est certain que la théorie est fausse, car il est impossible de tomber juste en les imaginant.

„ L'auteur de la théorie impeccable que nous imaginions tout à l'heure soulèverait sans doute un moment d'enthousiasme et serait suivi par une cohorte d'adeptes irréfléchis; mais les penseurs sérieux se tiendraient sur la réserve, persuadés, avec

raison, qu'il est impossible de tomber juste en imaginant les dispositions de détail d'une chose extrêmement compliquée, qui ne se révèle que par des effets indirects et éloignés.

„ L'histoire tout entière des progrès de l'histologie est là pour le démontrer. A-t-on jamais une seule fois deviné d'avance la moindre des structures que le microscope a dévoilées ? A-t-on deviné la striation transversale des muscles, les cils des épithéliums vibratiles, les prolongements des cellules nerveuses, l'agencement de la rétine ou les arcades de Corti, les chromosomes du noyau, le centrosome du cytoplasma ?

„ Et qu'est tout cela ? — De minimes dispositions structurales fixes, c'est-à-dire moins que rien, en face des mouvements combinés de parties diverses que nous montrent la karyokinèse et la fécondation.

„ Et l'on voudrait que, personne n'ayant jamais pu deviner la moindre de ces choses, quelqu'un un jour pût tomber juste en inventant le détail de la structure du protoplasma et des mouvements combinés de ses particules constitutives! C'est impossible!

„ En cherchant dans cette voie, on pourra trouver des conceptions intéressantes, des idées curieuses, ce seront là des objets d'art agréables, nous procurant la satisfaction platonique d'éliminer l'inconcevable qui pèse si lourdement sur l'esprit, mais non des choses scientifiques marquant un progrès dans la découverte de la vérité.

„ Il est à remarquer que, dans toutes ces théories fondées sur des hypothèses gratuites, il y a juste ce qu'on y a mis; elles rendent ce qu'on leur a confié, rien de plus; elles ne sont pas comme un sol qui fait germer et fructifier la graine, mais comme un coffre qui la conserve : c'est dire qu'elles sont stériles. — Darwin invente les *gemmules*, il en tire la représentation des cellules; mais s'il veut en tirer la détermination de ces éléments, il faut qu'il y ajoute l'attraction des gemmules par les cellules ; s'il veut expliquer la formation du plasma germinatif et l'hérédité des caractères acquis, il faut qu'il ajoute leur circulation. — Galton supprime la circulation des gemmules, mais il perd l'hérédité des caractères acquis ; s'il veut conserver la détermination individuelle des cellules, il faut qu'il invente *le classement des germes* par leurs attractions réciproques. — Naegeli invente ses *micelles*, facteurs de propriétés abstraites; aussitôt il lui devient facile de faire tenir dans une tête de spermatozoïde tous les éléments de l'hérédité, mais ce qu'il gagne de ce côté, il le perd du côté de la détermination individuelle des parties, car il ne sait

plus où trouver la cause des combinaisons variées de facteurs toujours les mêmes. — Weismann invente les *plasmas ancestraux;* l'hérédité et l'atavisme n'ont plus de mystère, mais tout le reste est encore obscur. Veut-il avoir, comme Naegeli, l'avantage d'un nombre réduit de facteurs initiaux, il doit lui emprunter ses micelles sous la forme de *biophores;* veut-il avoir, comme Darwin, l'avantage de la représentation des cellules, il doit lui emprunter ses gemmules qui deviennent les *déterminants ;* veut-il concilier la détermination précise des cellules avec l'indétermination de leur noyau, il emprunte à De Vries sa migration intracellulaire des pangènes. Pour rendre compte de la régénération, il lui faut imaginer les *déterminants de remplacement,* pour le bourgeonnement les *déterminants de réserve,* pour le dimorphisme les *déterminants doubles.* Si l'on découvre quelque autre processus de ce genre, il faudra inventer quelque autre sorte nouvelle de *déterminant.*

„ La richesse de ces théories est exactement proportionnelle à la complication de leur hypothèse et, par suite, à leur invraisemblance. Les moins compliquées sont celles de Spencer, de Haacke, de De Vries, d'Altmann, de Wiesner : on a vu qu'elles n'expliquent pas grand'chose; celles de Darwin, de Naegeli, de Weismann expliquent presque tout; mais aussi quelle complication invraisemblable, quel entassement d'hypothèses fabuleuses (p. 747) ! „

Nous avons cité au long ces conclusions, parce qu'elles résument la plus grande partie de l'ouvrage. M. Delage y esquisse à grands traits la fragilité d'hypothèses qu'il a démolies une à une, en détail, et de main de maître. Leurs auteurs ont été uniquement ingénieux. M. Delage leur rend cette justice. Il loue surtout le talent d'architecte de Weismann, dont le système est le plus complet pour le moment; mais s'il invite à admirer l'élégance de ces châteaux de cartes construits d'hypothèses branlantes, il conseille de bâtir avec des matériaux plus solides le palais de la science. Joignant l'exemple à l'exhortation, il se met lui-même à l'œuvre, et ébauche sa *théorie des causes actuelles.*

“ Je n'ai pas, écrit-il, la prétention de présenter au lecteur une théorie complète : nos connaissances sont loin d'être assez avancées pour cela... Mais peut-être me sera-t-il possible de montrer dans quelles voies la théorie doit se maintenir pour éviter les reproches que méritent la plupart des systèmes inventés jusqu'ici, et pour avancer, sinon très loin, du moins en direction sûre vers la découverte de la vérité (p. 748). „

Les lecteurs partageront-ils cette confiance ? Nous ne le pensons pas. Les uns se demanderont si l'on ne pouvait mieux *deviner* encore ; les autres, plus attentifs aux preuves, jugeront que M. Delage s'égare, à la suite de ses prédécesseurs, en voulant expliquer la vie par les seules forces physico-chimiques (1). Que cela soit impossible, nous en étions convaincu ; l'étude du livre de M. Delage nous a confirmé dans notre opinion, et il en sera ainsi, croyons-nous, pour tous ceux qui prendront la peine d'appliquer la méthode d'analyse de l'auteur à chacune de ses interprétations : rien ne fait mieux voir leur complète insuffisance.

Bornons-nous à étudier ici comment M. Delage explique l'ontogénèse, ou la série des transformations que subit l'œuf fécondé pour aboutir à l'être adulte.

Contrairement à l'opinion générale, M. Delage pose en principe que l'œuf est relativement simple, beaucoup plus semblable, d'une espèce à l'autre, que ne sont les organes développés ; il s'en faut donc de beaucoup qu'il contienne en lui, déterminés à l'avance, tous les éléments de son évolution.

Si l'on découpe sur diverses courbes (circonférence, ellipse, parabole, hyperbole, etc.) un segment d'un millième de millimètre de longueur, tous ces segments semblent identiques, même à l'œil armé du microscope ; ils n'en sont pas moins aussi différents que les courbes elles-mêmes dont ils proviennent. De même que ces segments géométriques engendreraient les courbes complètes dont ils sont les éléments, s'ils étaient doués de la faculté de grandir, ainsi, dans les théories aujourd'hui en honneur, les œufs produiraient les adultes par le simple déploiement de leurs forces évolutives. Or, d'après M. Delage, cette assimilation est fausse. L'œuf est plutôt comparable à un astre lancé au milieu d'un système d'autres astres en mouvement et réagissant tous les uns sur les autres. Chacun de ceux-ci marquera son empreinte dans les destinées du nouveau venu qui subira toutes leurs influences. Ainsi en est-il de l'œuf ; le plus grand nombre des éléments de son évolution sont en dehors de lui ; il les rencontre en route, dans le cours de son développement. Pour chaque œuf, la constitution physico-chimique qui, pour

(1) Nos lecteurs trouveront dans l'article de Mgr Mercier : *La Définition philosophique de la Vie*, publié dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, en octobre 1892, le développement des idées que nous ne pouvons qu'effleurer ici.

continuer la comparaison, correspond à la fois à la masse de l'astre et à sa vitesse d'impulsion, est parfaitement déterminée ; mais la moindre différence dans les conditions initiales entre plusieurs éléments, sera forcément amplifiée dans des proportions considérables par la différenciation ontogénétique : de là ces énormes divergences que l'on constate entre les adultes issus des œufs d'espèces différentes.

En partant de ces données, examinons comment, d'après M. Delage, peut se faire le développement de l'œuf fécondé.

Nous ne nous attarderons pas à l'examen de son hypothèse sur la *structure de la cellule* : il essaye d'expliquer l'assimilation, en faisant de toute cellule un ensemble d'appareils dialyseurs renfermés les uns dans les autres, chacun opérant le triage des substances nécessaires dans sa circonscription, et ce triage se continuant jusqu'aux parties les plus profondes. Cette hypothèse, dit le naturaliste anglais Bourne (REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, 30 juillet 1896), est dénuée de tout fondement.

Dans un être pluricellulaire — prenons comme type le mammifère — toutes les cellules de l'animal complètement développé proviennent des *divisions successives de la cellule-œuf*. Quelle explication l'auteur de la théorie des causes actuelles donne-t-il de cette division? — Aucune. Pour la division indirecte et les mouvements si singuliers et si multiples de la karyokinèse, " personne, dit M. Delage, n'est en état pour le moment de les expliquer dans le détail. Mais on entrevoit la direction générale des explications que fourniront *peut-être* des études approfondies ". Peut-être ! — Reste la division directe, dont les phénomènes essentiels : division du centrosome, des microsomes nucléiniens et du corps cellulaire, se retrouvent également dans la karyokinèse. Or, cette division directe, de l'aveu de l'auteur, ne se laisse pas aisément réduire à un phénomène purement mécanique, ayant pour cause la distension d'une vésicule sphérique dont la partie centrale s'accroîtrait plus vite que l'enveloppe ; car on voit parfois plusieurs divisions successives se produire, avec diminution de volume progressive et sans que l'accroissement nutritif ait pu manifester ses effets. " Il faut l'accepter comme un fait que l'on ne peut encore expliquer par des hypothèses ayant quelque chance d'être justes (p. 758). "

Un doute, des hypothèses à l'égard desquelles il professe une juste défiance, voilà donc tout ce que M. Delage a rencontré jusqu'ici sur ce terrain qu'il a tant remué pour expliquer ces

deux caractères spécifiques de l'être vivant : la cellule se nourrit, la cellule se multiplie.

Un autre fait capital dont l'ontogénèse réclame l'explication est la *différenciation progressive* des cellules. Au fur et à mesure que les cellules se multiplient, elles se transforment ici en tissus conjonctif, cartilagineux, osseux ; là, en fibres musculaires ; ailleurs, en neurones ou éléments nerveux. En même temps ces tissus variés se groupent différemment et constituent peu à peu les organes les plus divers ; cette double différenciation, histologique et anatomique, aboutit finalement à la structure si admirablement combinée et si merveilleusement adaptée de l'organisme de l'animal supérieur : machine infiniment compliquée, qui se construit d'elle-même, se meut, travaille, se reproduit, grâce à la coordination harmonieuse de ses nombreux organes qui subordonnent leurs fonctions à la double finalité de la nature vivante : le bien-être de l'individu et la conservation de l'espèce. Ajoutons que cette machine répare elle-même et sans cesse l'usure continuelle de ses rouages ; car il n'est pas jusqu'aux accidents qui n'aient été prévus ! Un vaisseau est-il blessé, un ferment spécial est là pour coaguler le sang et prévenir une hémorragie mortelle ; les tissus déchirés se reconstituent, la peau se régénère ; l'os fracturé lui-même se cicatrise, et le cal, d'abord embryonnaire, puis cartilagineux et finalement osseux, suit les mêmes stades que l'os en voie de formation.

Voilà quelques-uns des éléments du problème. Pour le résoudre, M. Delage a, comme point de départ, l'œuf fécondé, c'est-à-dire une cellule sphérique de un à deux dixièmes de millimètre de diamètre, et d'une constitution physico-chimique encore mal déterminée, mais d'où résultent évidemment, affirme-t-il, ses propriétés vitales ! Une température constante, les matériaux nutritifs du sang maternel sont les principaux agents mis à la disposition de l'œuf pour bâtir l'organisme. Voyons comment la théorie des causes actuelles va nous en expliquer le développement à l'aide des seules forces mécaniques et physico-chimiques.

L'individu développé est, affirme-t-elle, le produit de nombreux facteurs, tous également indispensables et importants. La *constitution du plasma germinatif* n'est qu'un de ces facteurs. Les autres sont les *tropismes* et les *tactismes*, l'*excitation fonctionnelle*, l'action des *ingesta* et *egesta* de la nutrition, et les *conditions ambiantes* de tout ordre.

M. Delage commence la preuve de cette thèse par le raisonne-

ment suivant : Chaque cellule, et l'œuf par conséquent, contient dans sa *constitution physico-chimique* les causes du sens de son plan de segmentation, et de la distribution de ses substances aux deux cellules qui naîtront de la division. Ce qui est vrai pour l'œuf, l'est aussi pour les deux premiers blastomères, pour les quatre cellules du troisième stade, et ainsi de proche en proche jusqu'aux dernières divisions cellulaires. Or, ce sont là les deux facteurs essentiels de la différenciation : la position du plan de segmentation détermine la différenciation anatomique ; la différenciation histologique est due au partage inégal des substances des cellules-mères entre les cellules-filles.

Donc, conclut-on, étant donné que toutes les formes, toutes les structures, toutes les différences infiniment variables que présentent entre eux les êtres vivants ont pour cause cette double différenciation anatomique et histologique, les deux facteurs mentionnés pourraient, à la rigueur, rendre compte à eux seuls de toute l'ontogénèse.

Laissons de côté la majeure de ce raisonnement; son évidence est discutable, mais, pour ne pas étendre indéfiniment un article déjà trop long, passons sur les difficultés qu'elle soulève, et arrêtons-nous à la mineure.

Nous avons vainement cherché la preuve qu'elle réclame manifestement. Pourquoi, par exemple, cette légère différence de constitution chimique entre deux cellules fait-elle que l'une s'organise en fibre musculaire striée et l'autre en neurone avec ses deux sortes de prolongements, protoplasmatiques et cylindraxile? Et ces tissus si différents comment parviennent-ils à s'agencer et à former ici le tube digestif et ses nombreuses annexes, les glandes salivaires, le foie, le pancréas, etc. ; là l'appareil circulatoire avec son puissant moteur, le cœur, son double système de vaisseaux, les artères et les veines, et les fines arborisations de ses capillaires qui entourent, qui pénètrent chaque organe, et conduisent autour de l'îlot cellulaire le plus minime le sang chargé de fournir à cette colonie, avec la chaleur, la nourriture sous sa double forme, liquide et gazeuse ? Tout cela n'est rien encore, absolument rien à côté de la complication inextricable de ces milliards de neurones du système nerveux qui dirige et harmonise les fonctions dans ce travail dont la division est poussée à l'extrême. De bonne foi, une affirmation gratuite peut-elle suffire à combler l'abîme que l'esprit le moins attentif découvre entre cette petite cellule de deux dixièmes de millimètre et la merveilleuse machine de l'organisme animal? Mille fois non; et

M. Delage lui-même semble en avoir eu conscience; car voici qu'il cherche à consolider ce principe qui, d'après lui, pourrait à la rigueur porter seul tout le poids de l'ontogénèse; il appelle à son aide le chimiotactisme de Herbst et l'excitation fonctionnelle de Roux.

Quelques notions préalables sont ici nécessaires.

On sait que le protoplasme de toute cellule est irritable, c'est-à-dire qu'il répond par un mouvement à certaines excitations. D'après la nature de l'excitant et l'intensité de l'excitation, tantôt il se produit seulement des contractions ou des extensions sur place, tantôt un déplacement total, une véritable marche de la cellule qui se rapproche ou s'éloigne de l'excitant. On nomme *tropismes* les mouvements d'extension ou de rétraction, tels qu'on les voit dans les pseudopodes de l'amibe; les phénoménes de translation de cellules libres et mobiles,comme les phagocytes par exemple, s'appellent des *tactismes*. Selon qu'ils sont provoqués par la lumière, la chaleur, une action chimique quelconque, les tactismes se partagent en phototactisme, thermotactisme, chimiotactisme, etc...

Or, à la suite de Herbst, M. Delage admet que les tropismes et les tactismes jouent un grand rôle dans la double différenciation qui résume les phénomènes de l'ontogénèse. Les tactismes ne se bornent pas à déterminer l'arrangement des blastomères ; ils poursuivent les éléments pendant toute leur carrière, attirent les cellules cutanées vers la surface, les intestinales vers l'intérieur,les nerfs vers leurs terminaisons sensitives ou musculaires, les éléments conjonctifs partout où il est besoin d'eux. Ainsi, pour citer un exemple, pendant le développement des oursins, les cellules formatrices du squelette se portent vers la surface cutanée. Pourquoi là plutôt que vers l'intestin ? Parce que *sans doute* elles ont un chimiotactisme positif pour l'oxygène, et cela suffit pour déterminer leur évolution. Les cellules intestinales sont *sans doute* plus attirées par les éléments vitellins à dévorer que par l'oxygène, et cela rend raison de la direction qu'elles prennent.

" Pour Herbst, ajoute M. Delage, tous ces éléments sont déterminés à l'avance par la constitution de leur plasma. Mais nous ne sommes pas forcé de l'imiter, et nous avons le droit d'admettre qu'une même cellule conjonctive encore indifférente pourra devenir élément de gaîne nerveuse, de périmysium ou de périoste, selon qu'elle aura été amenée par le tactisme actif du nerf, du muscle ou de l'os, à s'accoler à l'un ou à l'autre de ces organes. Ainsi

compris ce tactisme spécial, que l'on pourrait appeler le *biotactisme*, devient un important facteur de différenciation anatomique (p. 339). „

Un autre agent de différenciation non moins important, non moins indispensable au dire de notre auteur, c'est l'*excitation fonctionnelle* de Roux. M. Delage n'admet qu'avec réserve la lutte pour l'existence que Roux imagine entre les molécules d'une cellule et entre les cellules d'un même tissu ; mais il se railie à la lutte entre les tissus et les organes, lutte qui a pour but de donner à chacun des antagonistes toute l'extension qu'il peut recevoir sans compromettre l'harmonie générale, et pour résultat une utilisation rigoureuse de la place et des matériaux. La loi d'*Économie de Darwin*, celle du *Balancement des organes* de Geoffroy Saint-Hilaire ne sont que des effets ; leur cause réside dans la lutte des organes et des tissus, et cette lutte est elle-même sous la dépendance de l'excitation fonctionnelle.

L'excitation fonctionnelle est la stimulation prédominante sur un tissu ou sur un organe déterminé de tel agent physique ou chimique plutôt que de tel autre qui aura, lui, toute puissance sur un tissu ou sur un organe différent. *L'excitation fonctionnelle crée la fonction, et la fonction crée l'organe.* Si on coupe un nerf qui se rend à un muscle, ce muscle est profondément altéré dans sa nutrition : il perd sa striation et devient granuleux. “ Il est donc naturel d'admettre que l'excitation fonctionnelle nécessaire pour maintenir cette structure est la cause qui détermine sa formation. „

Sans être féru de logique, il est permis de trouver trop mince la part qu'elle prend dans ces affirmations. On devine, on suppose, on imagine, on invente, on conclut ; c'est assez pour se montrer ingénieux, c'est trop peu pour éclairer et pour convaincre. Continuons. Le sang est l'excitant fonctionnel des glandes, et, par conséquent, c'est lui qui les a formées ; pour les muscles, nous venons de le voir, c'est le courant nerveux ; pour les nerfs, l'influx venu des centres ou de la périphérie par les sens ; pour les centres nerveux, l'influx venu par les nerfs ou la pensée.

Mais un des résultats les plus remarquables de l'action morphogène des excitations est, sans contredit, la formation première des organes des sens : la lumière a formé l'œil, le son a formé l'oreille, et ainsi des autres.

Pourquoi s'arrêter en si beau chemin ? M. Bataillon (1893) découvre un important exemple de l'action des processus évolutifs les uns sur les autres; M. Delage se hâte de l'enrôler sous la

rubrique : *Action morphogène des conditions physiques intrinsèques*, nouveau facteur, également indispensable, de l'ontogénèse. Nous ne résistons pas au plaisir de citer cet exemple : Chez le têtard de grenouille, la cause unique de toutes les transformations de la métamorphose est l'atrophie de la valvule nasale et la sortie des pattes antérieures ! "Bataillon, dit M. Delage, n'a pu trouver le déterminisme de ces deux modifications initiales „ — c'est regrettable — " mais il a montré que leur apparition détermine tous les autres phénomènes de la métamorphose.

„La sortie des pattes antérieures ouvre une paire de *spiracula* supplémentaires. Ces spiracles, ainsi que la destruction de la valvule nasale, facilitent la sortie de l'eau de la chambre branchiale et font baisser la pression dans cette cavité.

„ De cette diminution de pression résulte une diminution, constatée expérimentalement, dans la quantité d'acide carbonique éliminée. Ce gaz, en s'accumulant dans le sang, excite les nerfs d'arrêt du cœur dont les contractions diminuent de nombre. Il en résulte, malgré la suractivité des mouvements respiratoires, une asphyxie relative dont les effets se font sentir surtout à la queue, partie dont l'irrigation est moins facile que celle des autres organes. Par suite de cette asphyxie, la queue entre en dégénérescence. D'autre part, le gaz carbonique excite la diapédèse et la phagocytose, en sorte que la queue est bientôt détruite par une histolyse phagocytique. Ainsi, voilà un phénomène anatomique (sortie des pattes, atrophie d'une valvule), qui en détermine un autre (résorption de la queue) sans aucune ressemblance avec lui. „

Bien des lecteurs, sans doute, jugeront prudent de suspendre leur assentiment ; il en est peut-être que cette explication si savamment échafaudée mettra en gaieté.

A tous ces facteurs, M. Delage ajoute encore *l'action des ingesta et des egesta, ainsi que des conditions ambiantes.*

Est-ce assez ? Le problème a-t-il cédé à tant d'efforts, et l'esprit satisfait peut-il se reposer sur la solution qu'on vient d'en donner ?

Voici le jugement que l'auteur porte lui-même sur sa théorie :

" Je n'ai pas la prétention de croire que mes explications soient complètes. Je sens parfaitement que partout elles sont trop générales, trop vagues, et qu'elles présentent d'immenses lacunes. Je serais fort embarrassé, par exemple, si l'on me demandait comment s'expliquent, au point de vue où je me suis placé, la formation d'un organe aussi compliqué et aussi adapté

que l'œil, et les phénomènes si curieux de la régénération, et le fait que les organes commencent, dès les phases embryonnaires, à montrer une adaptation à des fonctions qu'ils ne rempliront que plus tard, et d'autres choses encore. „

Mais, pour incomplètes qu'elles soient, ces explications, comme le voulait l'auteur en créant sa théorie des causes actuelles, ouvrent-elles au moins la voie, la bonne, à ceux qui voudraient explorer le domaine de la biologie générale ? Les mettent-elles en garde contre cette tendance funeste à se payer de mots, dont M. Delage nous a montré tant de victimes même parmi les esprits les plus distingués, habitués à la réflexion ? " On arrive aujourd'hui, écrit-il dans son Avertissement (p. 17), à considérer l'hérédité, l'atavisme, la variation, l'adaptation, etc... etc... comme des forces directrices de l'évolution, quand ce ne sont que des catégories, des groupements de faits... On en fait, sans l'avouer, sans s'en douter même, des sortes de divinités biologiques qui se disputent les organismes, comme les dieux de l'Olympe se disputaient le sort des Troyens et des Grecs ; et l'on croit avoir expliqué quelque chose quand on a dit : Ceci vient de l'Atavisme, cela est dû à la Variation et cette autre chose à l'Hérédité. „

Ces réflexions si justes et si sensées sur la piperie des mots, ne se retournent-elles pas contre leur auteur ? L'évocation du chimiotactisme, du biotactisme, de l'excitation fonctionnelle, etc. est-elle plus scientifique que celle de l'hérédité et de l'atavisme ? De la première comme de la seconde, ne doit-on pas dire que " ceux qui veulent faire faire quelques progrès à la biologie, doivent se garder de ces solutions nominales comme du pire danger „ ?

De tous les systèmes mentionnés, à part l'évolutionnisme qui n'a plus qu'un intérêt historique, il en est un, un seul, que M. Delage ne s'est pas donné la peine d'étudier ; il l'appelle *animisme*. Son dédain pour cette théorie est tel qu'il a cru pouvoir, lui, si consciencieux d'habitude, s'abstenir ici de toute recherche personnelle : La compétence lui faisait défaut pour l'analyse et la comparaison des textes, avoue-t-il en note. Soit ; mais forcé de s'en rapporter à d'autres, que ne s'est-il au moins adressé à bonne source ?

Un lecteur tant soit peu familiarisé avec les œuvres des principaux défenseurs de l'animisme, aurait peine à reconnaître leurs systèmes dans l'exposé qu'en esquisse M. Delage. La pensée de l'auteur, ailleurs si précise et si ferme, s'enveloppe ici comme à

dessein d'une phraséologie vaporeuse, défiant toute analyse. " Aristote pensait que l'âme *façonne* la *chair* et que c'est elle qui, en entrant dans le corps du *nouveau-né*, lui communique *sa forme* (p. 410). „

Autant de mots, autant d'énigmes, impossibles à traduire en formules concrètes. D'autres endroits, où l'on voit tout à fait clair, donnent une impression pire encore : ainsi Platon est formellement accusé d'avoir nié la réalité objective de la matière. La matière ne serait qu'apparente, il n'y aurait que des effigies de la pensée !

A défaut d'une inférence directe aux sources, M. Delage aurait pu au moins choisir judicieusement les analystes auxquels il emprunte ces allégations. A la lecture du rapide aperçu historique qu'il a tracé des théories animistes, on se demande invinciblement si c'est sur de pareilles pièces que l'auteur a jugé et condamné le principe vital. Car, M. Delage doit le savoir : s'il n'a rencontré l'animisme que sous les formes qu'il décrit ou invente, il l'a condamné sans le connaître.

Pour notre part, sans lui donner l'absolution pour ses erreurs historiques, nous lui abandonnons tous les systèmes qu'il combat, authentiques ou apocryphes : l'aristotélisme de sa façon, comme le *nisus formativus* de Blumenbach et la force vitale de l'ancienne école de Montpellier. Après ces faciles victoires et sans préjudice des réparations historiques qu'elles pourront lui coûter, M. Delage se doit maintenant d'étudier à nouveau la cause de l'animisme qu'il a injustement enveloppée dans la condamnation de quelques théories informes ou défigurées.

Nous ne nous dissimulons pas qu'il nous paraît peu disposé à entreprendre cette revision. Son siège est fait : l'animisme doit être condamné sans examen, comme le transformisme doit être accepté sans preuve.

" Je suis convaincu, déclare-t-il, qu'on n'est ou n'est pas transformiste non *pour des raisons* tirées de l'histoire naturelle, mais *en raison* de ses opinions philosophiques. S'il existait une hypothèse *scientifique*, autre que la descendance, pour expliquer l'origine des espèces, nombre de transformistes abandonneraient leur opinion actuelle comme insuffisamment démontrée. „

Insuffisamment démontrée ! — Pour un peu M. Delage concéderait qu'elle n'est pas démontrée du tout. " Je reconnais sans peine, dit-il, que l'on n'a jamais vu une espèce en engendrer une autre, et que l'on n'a aucune observation absolument formelle démontrant que cela ait jamais eu lieu. J'entends ici une vraie

bonne espèce, fixe comme les espèces naturelles, et se maintenant comme elles sans le secours de l'homme. A plus forte raison cela est-il vrai pour les genres (p. 185). „

Voilà qui est clair. Ecoutez maintenant la conclusion : " Je considère cependant la descendance comme aussi certaine que si elle était démontrée objectivement, car en dehors d'elle il n'y a d'autre hypothèse possible que celle de la génération spontanée de toutes les espèces supérieures et celle de leur création par une puissance divine quelconque. Ces deux hypothèses sont aussi extra-scientifiques l'une que l'autre, et nous ne ferons pas plus l'honneur de les discuter que ne ferait un physicien pour une théorie basée, par exemple, sur la non-conservation de l'énergie. „

Donc, pour qu'une hypothèse devienne une vérité inébranlable, il suffit qu'elle soit la seule possible en dehors d'une autre dont on ne veut pas ! Car c'est à quoi se borne la fin de non-recevoir opposée par M. Delage à la création des espèces et au principe vital. Hypothèse extra-scientifique, le mot est vite dit. Mais le transformisme, dont M. Delage fait lui-même le procès en termes si sévères, est-il une hypothèse si rigoureusement scientifique ? " Il suffit, dit M. Delage, qu'un chien et un homme aient quatre membres, une tête et un tronc, des yeux, un cœur, un tube digestif, etc., que les êtres soient bâtis, en somme, au moins par grands groupes, sur le même large plan général, pour que le transformisme soit la seule théorie à laquelle un esprit purement scientifique ait le droit de s'arrêter. „ Depuis quand *unité de plan* et *transformation des espèces* sont-ils devenus synonymes ? Jusqu'ici nous avions cru, et des transformistes autorisés comme M. Albert Gaudry partagent cette conviction, que le " large plan général „ des êtres prouvait simplement l'existence d'un Dieu Créateur, que c'était le cachet de son Unité empreint dans ses œuvres, et qu'on cessait seulement d'être d'accord sur la manière dont ce plan a été réalisé.

Aussi bien, puisque le seul argument en faveur du transformisme et de l'origine physico-chimique de la vie est d'être les seuls systèmes en dehors du vitalisme et de la création, M. Delage a eu grand tort de ne pas nous démontrer rigoureusement pourquoi ces deux derniers systèmes sont impossibles. Il y aurait gagné de mettre définitivement sa théorie des causes actuelles hors des atteintes de tous ceux qui pensent de ses bases scientifiques ce qu'il en pense lui-même. Qu'il ne dise pas que la démonstration est trop simple : car nous n'y verrions qu'une

raison de plus pour réclamer qu'elle nous soit donnée en toute rigueur.

Il est vrai que M. Delage s'y refuserait sans doute, en alléguant qu'un biologiste n'est pas un philosophe. Mais faut-il lui montrer qu'il est sorti de son rôle plus qu'il ne le pensait, en s'avouant transformiste pour des raisons philosophiques ?

Lui-même reconnaît que la biologie, comme toutes les sciences, se prolonge, du côté des origines, par des questions qui échappent à sa compétence.

Pourquoi M. Delage, au lieu de se laisser acculer à ces aveux embarrassés et contradictoires, n'a-t-il pas pris en face de ces problèmes une position franche et logique ? Biologiste, appliqué à étudier les conditions élémentaires de la vie et ses manifestations premières, force lui est bien de prendre les faits à un point de la série après lequel l'expérience ne dit plus rien. S'il tente de remonter au delà, il n'y pénètre pas comme savant, mais comme philosophe. Qu'il l'entreprenne, c'est pour le mieux ; qu'il y renonce, c'est son droit, comme biologiste. Mais entre ces deux attitudes il en est une troisième, illégitime et absurde : pour n'avoir pas à entrer dans le domaine des spéculations philosophiques, chercher à donner comme base à la science une hypothèse qui les rende inutiles. C'est ce que font tous ces théoriciens et M. Delage avec eux, quand, au lieu de se réserver sur la question des origines et de l'essence de la vie, étrangère à leur compétence, ils la tranchent par un postulat où ils croient la résoudre négativement. Ainsi en userait un géologue, qui, sous couleur que les théories cosmogoniques ne sont pas de son ressort, imaginerait un système *géologique* où l'origine de la terre serait expliquée arbitrairement.

Et voilà la punition de ce mépris des compétences voisines : soudant la biologie à une hypothèse philosophique, des savants éminents, si judicieux et si circonspects dans leur domaine, entrent à la légère chez leurs voisins et s'imposent la charge de tirer au clair les présuppositions impliquées dans leur hypothèse : origine de la matière, constitution des corps, loi de la finalité dans la matière, etc., etc., autant de thèses de haute métaphysique que l'on n'aborde pas sans préparation et auxquelles il faut cependant une réponse pour que le mot d'évolution et ceux qui lui font cortège aient un sens.

A. D.

IV

L'OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE

Le Gouvernement belge vient de réorganiser l'Observatoire royal de Belgique, établi à Uccle, dans un sens qui, de l'avis d'hommes compétents, répond mieux aux exigences multiples de cet important établissement, et aux véritables intérêts de la science.

D'après le nouveau Règlement organique (arrêté royal du 30 août 1898), l'Observatoire est placé, pour la partie scientifique, sous l'inspection d'une commission de cinq membres, appelée *Commission de l'Observatoire* (art. 1).

Il y a, près de l'Observatoire, un commissaire du Gouvernement qui porte le titre d'*Administrateur-inspecteur*. Il réside à l'Observatoire (art. 4). Il veille à l'exécution des règlements et des ordres de service (art. 6); à la conservation des instruments, de la bibliothèque, etc. Il arrête le budget de l'année et rend compte annuellement au ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, de l'état de l'Observatoire ainsi que du zèle apporté à leurs fonctions par les personnes composant le personnel (art. 6).

Les travaux de l'Observatoire se répartissent entre deux services distincts : le service astronomique et le service météorologique. La direction scientifique de chacun de ces services est confiée à un *directeur* (art. 7).

L'Observatoire sera accessible aux personnes qui s'intéressent aux branches des sciences qui y sont cultivées ou qui désirent s'exercer à la pratique des observations ou des calculs. Il sera donné, à certaines époques, des instructions pratiques sur le maniement des instruments et sur l'exécution des calculs numériques (art. 19).

Les directeurs scientifiques arrêtent, de commun accord avec l'administrateur-inspecteur, la distribution des travaux pour leur service respectif. Ils fournissent chaque trimestre, au Ministre, un rapport sur les travaux de leur section (art. 20).

Les résultats des observations sont publiés sous la responsabilité des directeurs scientifiques (art. 23).

Les fonctions d'administrateur-inspecteur ont été confiées à

M. le capitaine-commandant É. Goedseels, professeur à l'École de Guerre, où il était chargé d'un cours d'astronomie et de géodésie destiné à préparer un certain nombre d'officiers du Génie et de l'Artillerie, anciens et brillants élèves de l'École d'application, à entrer, au besoin, dans le service cartographique et géodésique de Belgique.

La Société scientifique a l'honneur de compter M. É. Goedseels parmi ses membres les plus actifs et les plus dévoués ; ses ANNALES ont souvent bénéficié des travaux du savant professeur, et la part qu'il a prise à l'administration de la Société a été pour elle un secours très précieux et un des facteurs de sa prospérité.

M. C. Lagrange, membre de l'Académie royale de Belgique, astronome à l'Observatoire royal, professeur d'astronomie et de géodésie à l'École militaire et à l'École d'application, auteur de nombreux travaux mathématiques et astronomiques insérés surtout dans les publications de l'Académie, a été nommé directeur scientifique du service astronomique.

M. A. Lancaster, membre de l'Académie royale, météorologiste-inspecteur à l'Observatoire, collaborateur de Houzeau pour la publication de la *Bibliographie générale de l'Astronomie*, et dont les études météorologiques et climatologiques ont été, à plusieurs reprises, analysées dans cette REVUE, a été nommé directeur scientifique du service météorologique.

J. T.

BIBLIOGRAPHIE

I

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE MÉCANIQUE CHIMIQUE FONDÉE SUR LA THERMODYNAMIQUE, par P. DUHEM, professeur de Physique théorique à la Faculté des Sciences de Bordeaux. Tome II : *Vaporisation et modifications analogues. Continuité entre l'état liquide et l'état gazeux. Dissociation des gaz parfaits.* 1 vol. gr. in-8°, 378 pages et 60 figures. — Paris, Hermann, 1898.

Nous avons déjà rendu compte, dans le numéro d'avril 1897 de cette REVUE, du tome Ier de cet ouvrage. Dans cette première partie, M. Duhem énonçait et développait les théorèmes généraux de la thermodynamique. Le tome II contient l'application de ces formules fondamentales à la vaporisation, à la continuité entre l'état liquide et l'état gazeux, à la dissociation des gaz parfaits.

Le premier problème qui se pose est le suivant.

Imaginons qu'un récipient renferme une masse M_1 d'un certain liquide et une masse M_2 de la vapeur émise par ce liquide; le système est soumis à une pression normale et uniforme et il est porté à une température absolue T; la somme $(M_1 + M_2)$ de la masse du liquide et de la masse de la vapeur est invariable, mais chacune des masses M_1 et M_2 peut varier. Quelles sont les propriétés d'un tel système, lorsqu'il est en équilibre ?

Pour résoudre cette question, il faut connaître la forme du potentiel thermodynamique interne du système étudié. Une proposition de Massieu, énoncée dans le tome Ier, montre en effet que tous les coefficients mécaniques et calorifiques d'un système s'expriment en fonction de son potentiel thermodynamique interne ; cette quantité est donc la fonction fondamentale qui

caractérise un système. Si on néglige les actions mutuelles que la vapeur et le liquide exercent, soit entre eux, soit sur les corps solides avec lesquels ils sont en contact, le potentiel thermodynamique interne et, par suite, le potentiel thermodynamique sous pression constante prennent une forme particulièrement simple; ce sont des fonctions linéaires et homogènes des masses M_1 et M_2; chacun d'eux est la somme des potentiels thermodynamiques du liquide et de la vapeur considérés isolément.

De cette forme du potentiel thermodynamique sous pression constante on déduit les propositions suivantes :

1° A chaque température T du système correspond une pression P et une seule pour laquelle ce système est en équilibre ; le lieu des points de coordonnées (P, T) est la courbe des tensions de vapeur saturée.

2° Au-dessus et à gauche de cette courbe, le seul phénomène possible est la condensation de la vapeur; au-dessous et à droite, le seul phénomène observable est la vaporisation du liquide. Il en résulte immédiatement que la courbe des tensions de vapeur saturée monte constamment de gauche à droite.

3° La chaleur de vaporisation se relie, d'une part, à la différence des volumes spécifiques du liquide saturé et de la vapeur saturée sous tension de vapeur saturée et, d'autre part, à la variation de la tension de la vapeur saturée avec la température. Cette relation, connue sous le nom d'équation de Clapeyron, s'écrit sous la forme suivante :

$$(1) \quad . \quad . \quad . \; L(T) = \frac{T}{E}\left[\sigma_2(T) - \sigma_1(T)\right]\frac{d\pi(T)}{dT}$$

dans laquelle,

L (T) est la chaleur de vaporisation à la température T sous la pression π (T) ;

$\sigma_2(T)$ est le volume spécifique de la vapeur saturée;

$\sigma_1(T)$ est le volume spécifique du liquide saturé.

Cette équation tire son importance de la remarque suivante.

Prenons un certain liquide, de l'éther par exemple; l'expérience permet de déterminer :

1° La loi qui relie la tension de la vapeur saturée à la température et, par suite, la quantité $\frac{d\pi(T)}{dT}$;

2° Les volumes spécifiques $\sigma_1(T)$ et $\sigma_2(T)$ ou la différence $\sigma_2(T) - \sigma_1(T)$;

3° La chaleur de vaporisation L(T).

L'une ou l'autre de ces dernières quantités peut, d'autre part, être calculée au moyen de l'équation de Clapeyron; la comparaison des valeurs calculées aux valeurs observées donne une confirmation expérimentale de cette formule. Or, cette vérification a une très grande importance au point de vue de la thermodynamique; la formule de Clapeyron se déduit, en effet, d'une manière immédiate des principes fondamentaux, du principe de l'équivalence et du principe de Carnot-Clausius. Il en résulte que toute confirmation expérimentale de cette formule en devient une des propositions qui ont servi à l'établir; le principe de Carnot-Clausius se présente donc comme un postulat vérifié par une de ses conséquences. Clausius a fait le premier cette comparaison qui a puissamment contribué aux progrès de la thermodynamique; mais cette vérification a été faite d'une manière bien complète dans ces dernières années par M. Perot, qui a déterminé sur un même corps, l'éther, toutes les données expérimentales nécessaires pour une telle étude.

Mais la formule de Clapeyron et les théorèmes énoncés plus haut ne régissent pas seulement la transformation d'un liquide en sa vapeur et la transformation inverse; ils ont une portée bien plus grande et s'appliquent à la transformation d'un certain corps 1 en un autre corps 2, à la condition que les deux corps 1 et 2 incapables de se mélanger occupent des régions différentes de l'espace; que chacun de ces corps 1 et 2 soit homogène; que chacun d'eux soit entièrement défini lorsqu'on connaît sa masse, sa température et son volume spécifique. Lorsque ces conditions sont remplies, on dit que le système au sein duquel s'accomplit la modification étudiée est un système parfaitement hétérogène formé de deux corps.

Or, ces conditions sont remplies si le corps 1 est un corps solide et le corps 2 le liquide qui provient de la fusion de ce solide: elles le sont encore si les corps 1 et 2 sont deux formes allotropiques d'un même corps, solides tous deux. De là l'application à l'étude des phénomènes de la fusion des théorèmes que nous avons énoncés pour le système (liquide et vapeur saturée); de là un certain nombre de vérifications expérimentales qui viennent encore fournir des confirmations des postulats fondamentaux et leur donner un caractère expérimental.

Telles sont les expériences de W. Thomson, Dewar, Bunsen, Hopkins, Battelli, sur l'influence de la pression sur la température de fusion ; ces recherches ont montré que les courbes de fusion relatives aux différents corps ont bien l'allure générale indiquée par la théorie. D'autres physiciens, MM. de Visser et Demerliac, sont allés plus loin et ont donné de la formule de Clapeyron appliquée à la fusion une vérification expérimentale aussi complète que celle de M. Perot. Les expériences de MM. Mallard et Le Chatelier sur la transformation de l'iodure d'argent jaune en iodure rouge sous l'action de la pression ; celles de M. S. Lussana sur les modifications du nitrate d'ammonium, ont montré qu'il était permis d'appliquer la formule de Clapeyron à certaines transformations allotropiques de deux corps l'un dans l'autre.

Enfin les phénomènes de dissociation des systèmes parfaitement hétérogènes peuvent s'étudier par une méthode identique à celle qui a permis d'obtenir les lois de l'équilibre du système (liquide + vapeur saturée de ce liquide). La formule qui relie la chaleur de dissociation d'un composé tel que le carbonate de calcium aux volumes spécifiques de ses composants dissociés (acide carbonique + oxyde de calcium) et à la tension de dissociation est tout à fait analogue à la formule de Clapeyron. Sainte-Claire Deville avait, le premier, remarqué que les phénomènes de dissociation des systèmes parfaitement hétérogènes suivaient des lois identiques à celles de la vaporisation, et les recherches de certains de ses élèves étaient venues confirmer ces vues ; la thermodynamique permet de pousser plus loin cette analogie et fournit de nouvelles vérifications expérimentales parmi lesquelles nous citerons celles que M. Moutier a tirées des formules de M. Peslin et celles que M. Frowein a obtenues en se servant d'une formule de M. Hortsmann sur la dissociation des sels hydratés.

Comme nous venons de le voir, l'hypothèse qui consiste à considérer le potentiel thermodynamique sous pression constante d'un système parfaitement hétérogène comme la somme des potentiels thermodynamiques des diverses parties considérées à part, permet de rendre compte d'un grand nombre des propriétés de ces systèmes. Mais les conclusions de la théorie ainsi obtenue reçoivent de l'expérience certaines contradictions sur lesquelles il est bon d'insister. Toutes les fois que la théorie précédente nous fait prévoir l'impossibilité, pour un corps, de passer d'un état à un autre, la modification dont il s'agit ne peut, en effet, être réa-

lisée expérimentalement ; mais lorsque cette théorie annonce qu'un corps passera nécessairement d'un état à un autre, il peut arriver que la modification annoncée ne se réalise pas. Tel est le cas des phénomènes de retards d'ébullition, de retards de condensation, de surfusion. M. Duhem a montré que l'on pouvait donner une théorie rendant compte non seulement des anciens faits mais encore de ces nouveaux en introduisant dans le potentiel thermodynamique du système étudié des termes dépendant des actions mutuelles de ses diverses parties. Pour faire disparaître, dans le cas actuel, le désaccord entre les faits d'expérience et les prévisions de la thermodynamique, il n'est pas nécessaire de modifier les principes de cette dernière science ; il suffit, en les appliquant, de tenir compte des actions capillaires. Aussi M. Duhem a-t-il donné à ces phénomènes de retard le nom de *faux équilibres apparents* pour les distinguer des *faux équilibres réels*, dont on ne peut rendre compte à moins d'altérer les équations fondamentales de la thermodynamique par l'introduction des termes de viscosité et de frottement.

Cette première partie du traité de M. Duhem (vaporisation et modifications analogues) se termine par l'étude de la vaporisation d'un même corps pris sous deux états différents. Il peut arriver qu'un même corps, à une même température, sous une même pression, soit observable en trois états différents, par exemple, l'état solide, l'état liquide et l'état de vapeur; ou bien deux états allotropiques solides et un état liquide (soufre octaédrique, soufre prismatique, soufre liquide); ou bien encore deux états allotropiques solides et un état de vapeur. Ces trois états, pris deux à deux, forment trois systèmes dont les propriétés présentent entre elles des relations importantes. A chacun de ces systèmes correspond une courbe de transformation; ces courbes se coupent en un même point qui reçoit le nom de *Triple Point*. En ce point, les tangentes aux trois courbes forment deux à deux des angles finis; d'autre part, la distribution dans le plan TOP des trois courbes de transformation au voisinage du triple point est donnée par la règle suivante :

En s'élevant parallèlement à l'axe des pressions, on rencontre successivement les trois courbes de tensions de transformation; celle que l'on rencontre en second lieu est relative à la transformation qui, au voisinage du triple point, entraîne la plus grande variation du volume spécifique.

Il résulte immédiatement de cette règle si simple, qu'un

liquide surfondu émet des vapeurs dont la tension surpasse celle des vapeurs qu'émet à la même température le solide provenant de sa congélation. C'est ce que M. Gernez a vérifié expérimentalement sur l'acide acétique.

Si l'eau à zéro, l'acide acétique à la température ordinaire, sont à des températures voisines de la température de leur triple point, le phosphore en est toujours à une température très éloignée. La considération des courbes des tensions de vapeur du phosphore blanc et du phosphore rouge permet de rendre compte d'un grand nombre de propriétés de la transformation de l'un de ces corps dans l'autre isomère.

Enfin le triple point joue le rôle de *point de transition* entre les diverses sortes d'équilibres véritables qu'un système peut présenter; si, aux températures inférieures à la température du triple point, deux sortes d'états d'équilibres véritables sont observables (par exemple, liquide en contact avec le solide et solide en contact avec sa vapeur), il n'y a plus qu'un seul état d'équilibre véritable qui puisse être observé aux températures supérieures à la température du triple point (dans le cas actuel, liquide en contact avec sa vapeur); les trois sortes d'états d'équilibres véritables ne peuvent être observées que dans les conditions du triple point. Cette notion du point de transition a, d'ailleurs, reçu une grande extension par les travaux de M. Bakhuis Roozeboom.

La seconde partie de l'ouvrage qui traite de la continuité entre l'état liquide et l'état gazeux est une œuvre très originale; c'est la première fois que l'ensemble des faits relatifs au point critique des gaz est étudié à ce point de vue. M. Duhem groupe tous les phénomènes appartenant à cette catégorie autour de deux hypothèses fondamentales :

1° *L'hypothèse d'Andrews ou Principe d'Andrews ou encore premier principe de la continuité de l'état liquide et de l'état gazeux*, qui a une origine expérimentale.

2° *L'hypothèse de James Thomson ou Principe de James Thomson ou encore deuxième principe de la continuité de l'état liquide et de l'état gazeux*, qui constitue une proposition analytique dont les conséquences seules sont susceptibles d'un sens expérimental.

Le premier principe de la continuité de l'état liquide et de l'état gazeux est fondé sur une expérience capitale d'Andrews

que dans les Traités de Physique on laisse trop souvent dans l'ombre. Prenons une certaine masse de vapeur d'acide carbonique à une température T_0 inférieure à 31° Cent. et faisons subir à cette masse les transformations qui suivent :

a) Élevons la température de la masse de vapeur d'acide carbonique depuis la valeur T_0 jusqu'à une valeur T_1 supérieure à 31°, et cela en laissant, par exemple, la pression constante.

b) L'acide carbonique étant à la température T_1, augmentons considérablement la pression en maintenant la température constante.

c) Enfin abaissons la température jusqu'à une valeur inférieure à 31°, la pression étant par exemple maintenue constante.

A aucun moment de la suite des transformations que nous venons de faire subir à la masse d'acide carbonique, nous n'avons observé de changement brusque dans les propriétés de la substance ; à aucun moment, nous n'avons constaté de discontinuité dans l'enceinte contenant l'acide carbonique. *Cependant, bien que l'état initial du fluide soit l'état de vapeur et qu'aucune discontinuité n'ait été observée au cours des modifications précédentes, l'état final du fluide est l'état liquide.* Il suffit pour cela de diminuer un peu la pression, on voit le liquide bouillir.

Or dans le plan TOP (OT abscisses, OP ordonnées), l'ensemble des transformations dont nous venons de parler peut se représenter par un certain chemin, ce mot ayant la signification usitée en analyse, dans la théorie des fonctions. A l'origine, la fonction qui est caractéristique de l'état fluide a une certaine détermination, c'est le potentiel thermodynamique sous pression constante de l'unité de masse de la vapeur ; après un cheminement continu, on revient au point de départ avec une autre détermination de cette fonction caractéristique, détermination qui n'est autre que le potentiel thermodynamique sous pression constante de l'unité de masse du liquide. La fonction caractéristique de l'état du fluide se présente donc comme une fonction possédant un point critique. *De là la notion et la dénomination de point critique d'un fluide qui ont été introduites en Physique par Andrews.* Pour l'acide carbonique, ce point critique correspond à une température de + 31° C (température critique) et à une pression de 77 atmosphères (pression critique).

Le principe d'Andrews, dont nous venons de donner une idée, conduit immédiatement à cette remarque qu'un corps gazeux ne peut être liquéfié sous aucune pression à une température supérieure au point critique ; l'état liquide et l'état de vapeur ne

peuvent être observés à une même température que si cette température est inférieure à la température critique ; aux températures supérieures à la température critique, le corps ne se présente que sous un seul état, l'état de gaz permanent. On sait que cette idée a guidé M. Cailletet dans des recherches qui ont abouti à la liquéfaction des gaz réputés permanents.

On sait qu'en général les propriétés d'un fluide peuvent être représentées par des relations où entrent le potentiel thermodynamique sous pression constante et ses dérivées partielles. Si, par conséquent, on veut connaître les propriétés du fluide au voisinage du point critique, il y a lieu de préciser de quelle manière ces fonctions se comportent dans ces conditions. M. Duhem a été ainsi amené à énoncer un certain nombre d'hypothèses ; à plusieurs de ces hypothèses, il a attaché le nom du physicien qui les a implicitement admises ou qui a découvert un fait d'expérience qui en est une conséquence immédiate. C'est ainsi que le phénomène de la vaporisation totale (Cagniard de Latour), la loi du diamètre rectiligne de M. Mathias, la loi de variation de la chaleur de vaporisation, sont des conséquences immédiates des formes que prennent aux environs du point critique les relations où entrent le potentiel thermodynamique sous pression constante du fluide et ses dérivées partielles. De cette manière, toutes les propriétés du point critique se trouvent être les conséquences d'un petit nombre de propositions relatives aux propriétés d'une certaine fonction non uniforme.

Tandis que l'étude, dans le plan TOP, du potentiel thermodynamique sous pression constante du fluide nous conduit au principe d'Andrews et à la notion de point critique, l'étude dans le plan TOv (OT, abscisses, — Ov, ordonnées) du potentiel thermodynamique interne du fluide nous fournit le principe de James Thomson. En effet, considérons dans le plan TOv des points qui correspondent à des états réalisables du fluide ; à chacun de ces points correspond une valeur du potentiel thermodynamique interne déterminée *sans ambiguïté ;* il y a toutefois une région du plan à laquelle ne correspond aucun état réalisable du fluide. L'hypothèse de James Thomson consiste à admettre que, *même dans cette dernière région du plan, il existe une fonction déterminée en chaque point sans ambiguïté et qui possède toutes les propriétés d'un potentiel thermodynamique interne ;* c'est le potentiel thermodynamique interne de l'*état idéal de James Thomson.*

On voit donc bien que le principe d'Audrews a un point de départ expérimental, tout en étant un principe transcendant à l'expérience ; au contraire, le principe de James Thomson pris isolément s'énonce par une proposition purement analytique dépourvue de tout sens expérimental. Seules, les conséquences indirectes que l'on obtient en combinant ce principe avec d'autres hypothèses sont susceptibles de prendre un sens physique.

Désignons par F (v,T), ce potentiel thermodynamique interne dont nous venons de parler. On sait que l'on a l'équation

$$(2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{dF(v,T)}{dv} = -P.$$

Si on suppose dans cette équation que T est constant, il résulte du principe de James Thomson que, à chaque point du plan TOv, correspond un point du plan vOP [Ov, abscisses — OP, ordonnées], correspondance qui est établie par l'équation (2). La courbe qui est représentée dans le plan vOP par l'équation (2) dans laquelle T a une certaine valeur, se nomme *l'isotherme théorique relative à la température* T.

Cette courbe est asymptote à Ov et à une parallèle à OP, mais elle change de forme suivant qu'elle est relative à une température supérieure à la température critique ou à une température inférieure à la température critique.

Aux températures supérieures à la température critique, la courbe descend constamment de gauche à droite. Aux températures inférieures à la température critique, la courbe descend d'abord de gauche à droite, elle est alors presque parallèle à OP, elle passe par un minimum, remonte de gauche à droite, passe par un maximum et finalement descend de gauche à droite. L'isotherme relative à la température critique constitue un terme de passage entre les deux séries d'isothermes précédentes ; comme l'a montré M. Sarrau, elle présente un point d'inflexion dont la tangente est parallèle à l'axe des volumes Ov; les coordonnées de ce point d'inflexion sont le volume critique et la pression critique.

Un point d'une isotherme théorique correspond, soit à un état réalisable du fluide, soit à un état idéal de James Thomson. Mais si on réunit tous les points qui dans le plan vOP et à la température T figurent un état réalisable du fluide, état dans lequel le fluide se trouve, en outre, en équilibre véritable, on obtient ce que Clausius a nommé *l'isotherme pratique* relative à la température T. Aux températures supérieures à la température

critique et à cette température elle-même, l'isotherme pratique coïncide avec l'isotherme théorique. Mais il n'en est plus de même aux températures inférieures à la température critique; l'isotherme pratique n'est plus comme l'isotherme théorique une courbe continue, elle présente deux points anguleux reliés par une droite parallèle à Ov; les points de cette droite correspondent aux états d'équilibre réalisables où le fluide est en partie à l'état liquide, en partie à l'état de vapeur. Lorsqu'on connaît l'isotherme théorique et la position de cette droite, on a les données nécessaires pour étudier la vaporisation du système. Or la règle pour placer cette droite a été donnée par Maxwell, qui l'a énoncée de la manière suivante : *L'aire comprise entre l'isotherme théorique et la droite de l'isotherme pratique est formée de deux parties qui sont égales en valeur absolue.*

On voit donc combien il est important de connaître l'équation d'une isotherme théorique, c'est-à-dire la relation qui existe entre la température T, le volume spécifique v d'un fluide et la pression P qui le maintient en équilibre sous le volume v à la température T. Van der Waals, Clausius, Battelli ont donné des formes de cette relation; M. Sarrau a montré comment on pouvait en déduire les éléments critiques d'un fluide. Si on admet la forme simple donnée par Van der Waals, on est conduit à la loi bien connue des états correspondants.

Cette seconde partie de l'ouvrage de M. Duhem se termine par une étude des chaleurs spécifiques des vapeurs saturées; ces chaleurs spécifiques présentent des variations remarquables que nous allons énumérer.

1° La chaleur spécifique des *vapeurs saturées* négative, très grande en valeur absolue et croissante aux très basses températures, passe par un maximum et décroît indéfiniment par valeurs négatives lorsque la température est infiniment voisine de la température critique.

2° Si le maximum correspond à une valeur négative, la chaleur spécifique ne s'annule pas en passant du négatif au positif; il n'y a pas de *température d'inversion.*

3° Si le maximum correspond à une valeur positive, la chaleur spécifique passe deux fois par zéro; il existe *deux températures d'inversion.*

Quant à la chaleur spécifique *du liquide saturé*, elle est toujours positive; elle est infinie au point critique.

M. Mathias a vérifié tous ces faits sur l'anhydride sulfureux; il a notamment mis en évidence les deux températures d'inversion

qui correspondent l'une à 97°5 et l'autre à 114°. M. Duhem a donné la théorie complète de la méthode qui a permis à M. Mathias de faire ainsi l'étude calorimétrique d'un système saturé.

Le chapitre se termine par l'étude des transformations adiabatiques d'un mélange de liquide et de vapeur saturée, et par les formules approchées qui ont servi à Clausius à calculer des tables permettant de suivre la détente adiabatique d'un système formé de vapeur d'eau saturée et humide.

Nous arrivons maintenant à la dernière partie de l'ouvrage de M. Duhem, elle traite de la dissociation dans les systèmes qui renferment un mélange de gaz parfaits.

On entend par *gaz parfait* un gaz qui suit la loi de Mariotte et la loi de Gay-Lussac sur l'énergie interne. D'autre part, l'expérience montre que les chaleurs spécifiques sous pression constante des gaz qui s'écartent peu de la loi Mariotte et de la loi de Gay-Lussac sont sensiblement indépendantes de la température. On peut donc dire avec Clausius que *les deux chaleurs spécifiques des gaz parfaits sont indépendantes de la température.*

Outre ces lois, Delaroche et Bérard, puis Dulong et enfin Regnault ont énoncé la loi suivante comme conséquence de l'expérience : *Le quotient de la chaleur spécifique sous pression constante d'un gaz simple, voisin de l'état parfait, par son volume spécifique a une valeur qui est sensiblement la même pour tous les gaz dont il s'agit.* Il convient de faire à propos de cette loi une remarque importante. Lorsque les lois qui définissent l'état gazeux parfait cessent de donner sensiblement une représentation des propriétés d'un gaz, cette loi cesse, elle aussi, de s'appliquer à ce gaz. Il y a plus; si l'on calcule le volume spécifique d'un gaz au voisinage du point critique par les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, on commet une erreur qui peut être grande, mais qui demeure finie; au contraire, comme la chaleur spécifique sous pression constante d'un gaz est infinie au point critique de ce gaz, on commettrait une *erreur infinie* en calculant cette chaleur spécifique par la loi précédente; il est donc naturel que la loi de Delaroche et Bérard s'applique avec beaucoup moins d'exactitude à un gaz peu éloigné de l'état critique que les lois de Mariotte et de Gay-Lussac. C'est, en effet, ce que l'on constate lorsqu'on applique la loi précédente à des gaz tels que le chlore, la vapeur de brome, la vapeur d'iode.

La loi de Delaroche et Bérard est relative aux gaz simples ;

pour tous les gaz simples ou composés, Woestyne a énoncé la loi suivante : *Pour tous les gaz voisins de l'état parfait, le produit du poids atomique moyen par la chaleur spécifique sous pression constante a la même valeur.* Pour les gaz simples, la notion de poids atomique moyen coïncide avec la notion de poids atomique ; elle se déduit alors de la loi de Delaroche et Bérard. Cette loi s'applique bien et aux gaz simples diatomiques et aux gaz composés formés sans condensation ; mais, à mesure que la condensation va en augmentant, la loi s'applique de moins en moins bien, même lorsque les gaz composés que l'on considère sont voisins de l'état parfait : c'est ce qui a lieu, par exemple, pour le formène et pour l'éthylène.

Jusqu'ici nous n'avons étudié que les propriétés d'un seul gaz ; mais, dans l'étude de la dissociation, nous avons à considérer des mélanges de gaz parfaits.

Que va-t-on entendre par mélange des gaz ? Comment ce système sera-t-il défini au point de vue thermodynamique ? On sait que la définition thermodynamique d'un corps est complète, lorsqu'on possède sur ce corps un ensemble de renseignements qui font connaître la forme de son potentiel thermodynamique interne. Si donc on veut que le mélange de plusieurs gaz soit un corps défini au point de vue de la thermodynamique lorsque les gaz qui le forment sont eux-mêmes définis au point de vue de la thermodynamique, on devra formuler une règle qui permette de former le potentiel thermodynamique interne du mélange lorsque l'on connaîtra l'expression des potentiels thermodynamiques internes des gaz composants pris isolément.

Cette règle n'est pas entièrement arbitraire ; elle doit s'accorder avec certains caractères que les physiciens et les chimistes ont toujours, d'un commun accord, attribués au mélange de plusieurs gaz parfaits. Ces caractères sont les suivants :

1° Un mélange de gaz parfaits, de composition donnée, possède toutes les propriétés physiques d'un gaz parfait unique.

2° La pression qui, à une certaine température, maintient un mélange de gaz parfaits en équilibre sous un certain volume, est la somme des pressions qui, à la même température, maintiendraient en équilibre, sous le même volume, chacun des gaz mélangés.

3° Si l'on met en communication deux récipients renfermant deux gaz différents, à la même température, ces deux gaz ne demeurent pas en équilibre ; ils se diffusent l'un dans l'autre

jusqu'à former un mélange homogène; le phénomène n'est pas réversible.

4° Cette diffusion, accomplie en vase clos, à température constante, ne met en jeu aucune quantité de chaleur.

On obtient une définition qui implique ces quatre caractères en appliquant la règle suivante :

Le potentiel thermodynamique interne d'un mélange gazeux est la somme des potentiels thermodynamiques internes qu'auraient les diverses masses gazeuses mélangées, si chacune d'elles occupait isolément, à la même température, le volume entier du mélange.

L'énergie interne et l'entropie d'un mélange de gaz sont, de leur côté, données par les règles suivantes :

1° *L'énergie interne d'un mélange de gaz parfaits est égale à la somme des énergies internes qu'auraient, à la même température, les diverses masses gazeuses mélangées, si on les considérait isolément.*

2° *L'entropie d'un mélange gazeux est la somme des entropies qu'auraient les diverses masses gazeuses mélangées, si chacune d'elles occupait isolément, à la même température, le volume entier du mélange.*

Cette définition d'un mélange de gaz parfaits conduit à une conséquence paradoxale que l'on peut formuler ainsi : *Si l'on applique les formules relatives au mélange de deux gaz au cas où les deux gaz sont identiques, on est conduit à des résultats absurdes.*

On peut donc faire l'objection suivante. La notion de mélange de deux gaz *quelconques* implique nécessairement la notion de mélange de deux masses de gaz *de même nature;* donc toute proposition vraie pour un mélange de deux gaz quelconques doit demeurer vraie pour un mélange de deux masses de même nature, constituant un gaz unique.

Cette objection ne peut être admise ; la notion de mélange de deux gaz différents quelconques ne peut, en aucun cas, être regardée comme impliquant, à titre de forme particulière, la notion de mélange de deux gaz identiques. En effet, deux gaz différents *quelconques,* étant pris à la même température sous la même pression et étant mis en contact, ne seront pas en équilibre; ils se diffuseront l'un dans l'autre ; quelque définition que l'on veuille adopter du mélange des gaz, elle devra conduire à cette conséquence, quels que soient les gaz différents mis en

contact; cette définition ne pourra donc *jamais* s'appliquer au mélange de deux masses du *même gaz;* car, dans les conditions que nous venons d'indiquer, ces deux masses, mises en contact, sont en équilibre.

La définition thermodynamique d'un mélange de gaz parfaits étant obtenue, il est possible d'étudier les phénomènes de dissociation dans un système qui ne contient que des gaz parfaits. On peut résumer dans les propositions qui suivent les lois de la dissociation d'un tel système, que nous supposerons formé par le mélange d'un composé gazeux et de deux composants également gazeux.

1° Si deux systèmes renferment, sous le même volume et à la même température, la même masse totale (libre ou combinée) de l'un des deux gaz composants, et une masse totale différente de l'autre gaz composant, *celui qui renferme une plus grande proportion de ce dernier composant contiendra, au moment de l'équilibre, une masse plus considérable du composé.*

2° Lorsque la combinaison qui peut se produire dans un système homogène gazeux *n'entraîne aucune condensation,* la composition du système en équilibre est, toutes choses égales d'ailleurs, indépendante du volume livré au système ou de la pression supportée par ce système.

3° A une température déterminée, une combinaison formée *avec condensation,* contenue dans un système homogène gazeux, est d'autant plus profondément dissociée que le volume livré au système est plus grand et, par conséquent, que la pression supportée par le système est plus petite.

4° Si l'on chauffe sous volume constant un système homogène gazeux renfermant un composé dont la chaleur de formation sous volume constant est positive, ce composé sera d'autant plus dissocié que la température sera plus élevée; l'inverse aura lieu, si la chaleur de formation sous volume constant est négative.

Lorsque, sans faire varier la pression, on élève la température d'un système contenant un gaz composé, dont la chaleur de formation sous pression constante est positive, on provoque une dissociation de ce composé; l'inverse a lieu, si la chaleur de formation sous pression constante est négative.

5° Pour les combinaisons formées *sans condensation,* la chaleur de formation sous pression constante et la chaleur de formation sous volume constant sont égales entre elles à toute température; pour les combinaisons formées *avec condensation,* la chaleur de formation sous pression constante surpasse la

chaleur de formation sous volume constant relative à la même température d'une quantité proportionnelle à la température absolue.

Si les gaz suivent la loi de Clausius, les deux chaleurs de formation sous volume constant et sous pression constante d'un gaz composé sont des fonctions linéaires de la température.

Si les gaz suivent à la fois la loi de Clausius et la loi de Delaroche et Bérard, la théorie conduit aux résultats suivants :

a) La chaleur de formation sous pression constante est, pour tous les composés gazeux, une quantité indépendante de la température.

b) La chaleur de formation sous volume constant est, pour les composés gazeux formés sans condensation, une quantité indépendante de la température.

c) Pour tout composé gazeux formé avec condensation, la chaleur de formation sous volume constant est une fonction décroissante de la température. On peut toujours prendre une température assez élevée pour qu'un tel composé se forme, sous volume constant, avec absorption de chaleur.

Les expériences de M. G. Lemoine sur la dissociation de l'acide iodhydrique fournissent des vérifications de quelques-unes de ces propositions.

A ces phénomènes de dissociation des systèmes homogènes se rattachent les variations de densité de certains gaz. M. Gibbs a montré qu'en considérant ces gaz comme un mélange de deux états dont l'un est le polymère de l'autre, on peut rendre compte d'une manière complète de ces variations de densité, en appliquant à un tel mélange les propriétés thermodynamiques d'un mélange de gaz voisins de l'état parfait. C'est ainsi que l'on peut représenter les résultats des expériences de Crafts et Meïer sur la densité de la vapeur d'iode ; celles de Cahours et de Binet sur les vapeurs d'acide acétique et d'acide formique ; celles de Troost, Naumann, Natanson sur la densité de vapeur du peroxyde d'azote.

Nous avons, au cours de cette analyse, rencontré deux types bien distincts de phénomènes de dissociation. Le premier de ces types (carbonate de chaux) est celui dans lequel les corps qui composent le système se séparent entièrement les uns des autres, de manière à former un système parfaitement hétérogène ; la théorie de la dissociation au sein d'un semblable système peut être calquée sur la théorie de la vaporisation. Le second type

dont nous venons de parler est celui dans lequel le composé et ses éléments sont gazeux; la dissociation a lieu au sein d'un système homogène.

Mais la chimie nous présente un grand nombre de cas de dissociation qui ne rentrent pas dans les types précédents et se classent en diverses catégories.

Une première catégorie est ainsi caractérisée. Les deux corps composants sont gazeux ; le corps composé est un corps solide ou un corps liquide ; dans ce dernier cas, on néglige la solubilité des composants gazeux dans ce liquide. A cette catégorie appartiennent le carbamate d'ammoniaque, l'oxyde de mercure, le bisulfhydrate d'ammoniaque, le bromhydrate d'hydrogène phosphoré et le cyanhydrate d'ammoniaque.

Une seconde catégorie comprend les phénomènes présentés par un composant gazeux dont un élément est un corps gazeux et l'autre élément un corps solide ou liquide ; dans ce dernier cas, on néglige la solubilité des gaz dans ce liquide.Tel est le cas présenté par l'acide sélénhydrique.

Enfin une troisième catégorie nous présente un système formé par un corps solide et un corps gazeux susceptibles de fournir, par double décomposition, un autre corps solide et un autre corps gazeux. A cette catégorie appartiennent les phénomènes de double décomposition de l'oxyde magnétique de fer et de l'hydrogène, de l'hydrogène sulfuré et de l'argent.

Étudions successivement chacune de ces catégories.

Première catégorie. — Le gaz carbonique sec, mis en présence du gaz ammoniac également sec, donne un composé solide, blanc, formé par l'union de 1 volume de gaz carbonique et de 2 volumes de gaz ammoniac ; ce composé est le *carbamate d'ammoniaque.* Chauffé, ce solide donne des vapeurs que, d'après l'ensemble de leurs propriétés, les chimistes ont envisagées comme un simple mélange de gaz carbonique et de gaz ammoniac. Les lois de la dissociation d'un tel corps sont les suivantes :

1° Les phénomènes présentés par le carbamate d'ammoniaque, lorsqu'il se dissocie dans une enceinte primitivement vide ou contenant un gaz inerte, sont identiquement ceux que présenterait la vaporisation d'un solide.

2° Il n'en est pas de même lorsque le carbamate d'ammoniaque se dissocie dans une atmosphère soit de gaz carbonique, soit de

gaz ammoniac ; dans ce cas, la tension du mélange gazeux au moment de l'équilibre est donnée par la loi qui suit.

Désignons par p_1 la tension partielle de l'un des gaz produits dans la dissociation, par exemple la tension du gaz ammoniac ; par p_2, la tension partielle de l'autre gaz, par exemple la tension de l'anhydride carbonique ; on a la relation

$$(3) \quad \ldots\ldots \quad p_1^{n_1\pi_1\sigma_1}\, p_2^{n_2\pi_2\sigma_2} = \varphi(T) \quad \varphi(T) \text{ étant toujours positif.}$$

dans laquelle

σ_1, σ_2 sont les volumes spécifiques des gaz composants ;

π_1, π_2 les poids moléculaires de ces gaz ;

n_1, n_2 les nombres de molécules qui entrent en combinaison.

Dissociation de l'oxyde de mercure. — La forme (3) de la loi d'équilibre conduit à une première conséquence :

Quelque grande que soit l'une des deux pressions p_1, p_2, l'équilibre ne saurait s'établir si l'autre pression est maintenue égale à zéro.

Cette loi permet d'éclaircir une difficulté qui s'est présentée dans les expériences de M. Myers sur la dissociation de l'oxyde de mercure.

Dissociation du carbamate d'ammoniaque. — Dans ce cas, si l'indice 1 se rapporte au gaz ammoniac et 2 à l'anhydride carbonique, la formule (3) devient

$$(4) \quad \ldots\ldots\ldots \quad p_1^2\, p_2 = f^2(T).$$

Hortsmann, Naumann, et surtout Isambert ont donné des vérifications expérimentales de cette formule.

Dissociation du bisulfhydrate d'ammoniaque, du bromhydrate d'hydrogène phosphoré, du cyanhydrate d'ammoniaque. Ici les composés solides sont formés par l'union à volumes égaux des deux gaz composants. La formule (3) devient

$$(5) \quad \ldots\ldots\ldots \quad p_1 p_2 = \psi^2(T).$$

Cette formule a reçu des expériences d'Isambert un grand nombre de confirmations expérimentales.

3° Les autres lois sont des cas particuliers de la loi du déplacement de l'équilibre par les variations de température.

Deuxième catégorie. — L'acide sélénhydrique gazeux que nous désignerons par l'indice 3 se dissocie en hydrogène gazeux

que nous désignerons par l'indice 1 et en sélénium liquide que nous désignerons par l'indice 2.

L'équation d'équilibre est représentée par la formule

$$(6) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{p_1}{p_3} = \varphi\,(T).$$

M. H. Pelabon a vérifié cette formule, en prenant soin de rendre négligeable la masse d'hydrogène sélénié que le sélénium liquide peut dissoudre à haute température et restituer par rochage au moment de la solidification.

M. H. Pelabon a fait d'ailleurs, dans une thèse remarquable présentée à la Faculté des Sciences de Bordeaux, une étude complète de la dissociation de l'acide sélénhydrique; en particulier, il a étudié en détail les phénomènes de faux équilibre auxquels donne lieu cette dissociation. Ses expériences sont venues confirmer très heureusement les idées émises sur ce sujet par M. Duhem dans le tome Ier de sa Mécanique chimique. Or, tandis que l'acide sélénhydrique se forme aux dépens de l'hydrogène et du sélénium avec absorption de chaleur, l'hydrogène sulfuré, étudié plus tard par M. Pelabon, est formé à partir de l'hydrogène et du soufre liquide avec dégagement de chaleur; M. Pelabon a donc vérifié expérimentalement les lois théoriques relatives aux faux équilibres chimiques dans deux cas qui sont le type de toutes les combinaisons; il a fourni à la mécanique chimique deux exemples absolument caractéristiques et qui méritent de devenir classiques.

Troisième catégorie. — L'hydrogène, à haute température, réduit l'oxyde magnétique de fer; inversement, la vapeur d'eau, passant sur du fer porté au rouge, donne de l'oxyde magnétique de fer.

Ce phénomène de double décomposition étudié par Sainte-Claire Deville et Debray satisfait aux lois suivantes :

1° A une température donnée, le rapport de la pression de l'hydrogène à la pression de la vapeur d'eau est indépendant de cette dernière pression.

2° Le rapport de la tension de l'hydrogène à la tension de la vapeur d'eau est une fonction décroissante de la température.

M. Pelabon a également étudié les phénomènes de faux équilibres qui correspondent aux doubles décompositions; il a porté son attention sur l'action de l'hydrogène sulfuré sur l'argent et l'action inverse de l'hydrogène sur le sulfure d'argent.

Nous venons d'indiquer sommairement quelles sont les principales questions que M. Duhem a traitées dans son tome II de la Mécanique chimique ; les faits énoncés dans cet ouvrage sont tellement nombreux que nous avons été obligé, pour en donner une idée succincte, de donner à cette analyse une certaine extension. Toutefois, malgré la multiplicité des questions traitées, la lecture du livre est facile à des élèves qui préparent leur licence; les notions mathématiques qui sont nécessaires ne dépassent pas le niveau de la classe de mathématiques spéciales, et l'ordre qui règne dans ce livre n'en rend pas l'étude bien pénible. D'ailleurs, nous avons enseigné d'après cet ouvrage la question la plus difficile, celle qui est relative à la continuité de l'état liquide et de l'état gazeux, et nous avons constaté que les jeunes gens ont pu saisir sans trop de difficultés et la suite des idées et la marche des raisonnements. Le traité de la Mécanique chimique de M. Duhem, déjà classique dans les Universités des États-Unis d'Amérique, est appelé à le devenir en France ; nous serons heureux, si nous avons pu quelque peu contribuer à son succès.

L. Marchis,
Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

II

La Mathématique. *Philosophie, enseignement*, par C.-A. Laisant, Répétiteur à l'École Polytechnique, Docteur ès-sciences. Un volume in-8° de 292 pages de la Bibliothèque de la *Revue générale des sciences*. — Librairie Georges Carré et C. Naud, 1898.

Deux parties de cet ouvrage, consacrées à la Mathématique pure et à la Mathématique appliquée, portent comme sous-titre " Philosophie " ; une seule partie est consacrée à l' " Enseignement ". On pourrait croire, dès lors, qu'il s'agit essentiellement d'une œuvre philosophique, mais il n'en est rien. M. Laisant déclare, non sans un certain dédain, qu'il n'a aucune compétence spéciale en philosophie ni aucune prétention à se mêler des questions qu'il ignore ou qui lui échappent ; au point de vue de la philosophie pure, il se borne donc à déclarer que toutes les sciences sont expérimentales. Il ne semble pas, d'ailleurs, que

cette formule ait sous sa plume une signification très précise, car il la commente en disant que, sans la présence du monde extérieur, aucune connaissance mathématique n'aurait jamais pu entrer dans le cerveau de l'homme. Quel est le rationaliste assez intransigeant pour ne pas accepter, sous réserve d'un commentaire indispensable, cette énonciation tranchante en apparence, mais au fond si anodine ?

Quoi qu'il en soit, M. Laisant passe en revue les idées fondamentales des diverses branches de la mathématique, et c'est en ce sens que son œuvre est philosophique. Nous ne saurions songer à résumer ce très court résumé d'un ensemble immense de sciences, mais nous voudrions indiquer quelques-unes des idées caractéristiques de l'auteur.

En arithmétique, la question des fractions est caractéristique entre toutes, et l'on sait à quels travaux de premier ordre a donné naissance le désir de les ramener à la notion du nombre entier. M. Laisant est très sévère pour ce genre de théories si intéressantes ; il y voit le résultat d'une tendance sophistique, aussi vieille que le monde, d'après laquelle on mépriserait les vérités que nous apporte la connaissance du monde extérieur et l'on considérerait la science mathématique comme d'autant plus parfaite qu'elle emprunterait moins à la connaissance extérieure des faits.

A propos de la mécanique rationnelle, il présente des vues fort justes sur la cinématique, mais d'une façon un peu diffuse : il présente d'abord cette science comme résultant essentiellement de l'introduction du temps dans l'étude du mouvement géométrique ; puis il déclare qu'elle ne fait appel à aucun des principes généraux de la mécanique, et il fait remarquer qu'on peut remplacer le temps par un paramètre quelconque en fonction duquel on étudierait les déplacements géométriques qui en dépendent. Nous serions porté à accentuer plus que lui ce dernier point de vue, et nous aurions aimé, d'autre part, voir indiquer ce fait que la cinématique est entièrement indépendante du choix du mouvement-unité, qui sert à définir des temps égaux. Peu importe que l'on prenne à cet effet tel ou tel mouvement : les théorèmes resteront identiquement les mêmes, si la description des phénomènes change.

En étudiant les applications de la mécanique, M. Laisant fait une remarque qui nous a été particulièrement agréable : il montre de la façon la plus piquante combien il a été heureux que

Kepler ne disposât que d'instruments imparfaits. En possession d'observations précises, il n'eût point formulé ses trois admirables lois, et l'œuvre de Newton eût manqué de base : ceci soit dit contre les contempteurs de la simplicité des lois de la nature qui ne veulent pas voir que la complication des phénomènes est due à la multiplicité des causes.

Mais c'est la section du livre consacrée à l'enseignement qui nous a plus particulièrement intéressé. M. Laisant la commence par une vue générale consacrée principalement à l'enseignement élémentaire, et il y examine comment on peut intéresser l'élève, le provoquer à la recherche, lui donner sans cesse le sentiment, " l'illusion, si l'on veut ", qu'il découvre lui-même ce qui lui est enseigné. Il proteste, d'ailleurs, et contre la mobilité des programmes et contre leur minutie, qui amoindrit, si elle ne détruit l'esprit d'initiative des professeurs. L'application à l'arithmétique de ces principes a d'autant plus d'importance que c'est la science fondamentale, en même temps que la première abordée.

A propos de la géométrie, M. Laisant recommande tout particulièrement d'amener l'élève à chercher lui-même les propriétés et, pour cela, d'éviter soigneusement la forme dogmatique de Legendre. Il y a là en effet, croyons-nous, un vice essentiel dans l'enseignement de la géométrie : on énonce *ex abrupto* un théorème, puis on fait des constructions inexpliquées, et finalement on constate que le théorème est démontré, sans qu'à aucun moment on ait songé à éclairer la route suivie ; et cela, alors que, bien souvent, l'énoncé n'est que la réponse, facile à découvrir, à un problème qui s'impose, et que la marche suivie peut se rattacher à une méthode rationnelle. Il y a des professeurs, tel le R. P. Poulain, qui évitent ces défauts, mais le nombre n'en est pas grand.

A propos de l'égalité, M. Laisant recommande de distinguer l'égalité *directe* et l'égalité *symétrique*. Dans le plan, la première permet la superposition par glissement, tandis que la seconde exige le retournement, lequel oblige à sortir de l'espace à deux dimensions. Puis il ajoute : " Lorsqu'on arrivera à la géométrie de l'espace, lorsqu'on examinera deux trièdres symétriques, par exemple, est-ce qu'on n'aura pas ainsi l'explication de ce phénomène, bizarre pour les commençants, de figures égales dans toutes leurs parties, mais pas superposables ? L'analogie avec le plan est manifeste. Pour superposer les figures, il faudrait faire sortir l'une des figures de l'espace réel où nous sommes et la retourner, ce qui ne se peut (mais se pourrait, ajoutons-le,

dans un espace à quatre dimensions). Mais le résultat peut être obtenu par une représentation matérielle, physique, absolument frappante : le retournement à la manière d'un gant ou d'un bonnet de coton (p. 225). „

Voilà donc enfin professée par un mathématicien véritable cette doctrine si bien mise en lumière par Delbœuf (1) et donnée ingénument par nous comme notre propre découverte, alors que nous l'avions déjà lue dans l'article de Delbœuf (2).

Notons enfin la réflexion qu'il y aurait grand intérêt à préparer à la fois les principales théories du plan et de l'espace à trois dimensions. En dehors de la simplification qui en résulterait, cela ferait ressortir combien le nombre des dimensions est d'importance secondaire, et cela atténuerait, nous en sommes convaincu, l'aveugle fétichisme que, d'ordinaire, on professe en cette matière pour le nombre trois.

G. LECHALAS.

III

SUR LES DÉPRESSIONS DE LA MER ET DE L'ATMOSPHÈRE. *Le mouvement différentiel*, par M. F. DE SAINTIGNON. Brochure in-8° de 20 pages. — Gauthier-Villars, Paris, 1898.

L'auteur commence par rappeler que tout corps plongé dans un fluide tend à se mettre en mouvement, dès que la différence entre la poussée et le poids est supérieure au frottement. Si le fluide a même densité que le corps, celui-ci peut se mouvoir sous l'action d'une force très faible.

M. de Saintignon pense qu'il doit en être de même dans un fluide soumis à une force attractive variant de molécule à molécule ; si petite que soit la différence des forces agissant sur deux molécules contiguës (différence qu'il appelle *force différentielle*), le fluide sera mis en mouvement.

L'auteur cite, comme exemple, le mouvement d'un liquide chauffé à sa partie inférieure : les forces attractives qui solli-

(1) *L'ancienne et les nouvelles géométries*, REVUE PHILOSOPHIQUE 1894, 1er sem., p. 354.

(2) *Étude sur l'espace et le temps*, p. 40.

citent le fluide vers le bas vont en décroissant dans le sens de leur direction, et alors le mouvement a lieu en sens contraire à la direction des forces.

Après cet exemple, nous lisons la phrase suivante : " D'autre part, il est bien évident que, si les forces attractives sont encore croissantes dans la direction où elles agissent. le mouvement aura lieu dans leur direction. "

Nous ne voyons pas l'évidence de cette réciproque, car si l'on chauffait le liquide à la partie supérieure, les couches les plus chaudes demeureraient en haut et ne subiraient qu'un petit déplacement, en vertu de leur dilatation.

Malgré le nombre insuffisant d'exemples empruntés à la physique expérimentale, M. de Saintignon se croit autorisé à énoncer l'hypothèse suivante :

" *Lorsqu'un fluide est soumis à l'action d'un système de forces inégales, parallèles et de même sens, constamment croissantes ou décroissantes, il s'y produit un mouvement moléculaire dans leur direction lorsqu'elles sont croissantes, et dans la direction contraire lorsqu'elles sont décroissantes.* "

En appliquant ensuite cette hypothèse aux composantes horizontales inégales de la force centrifuge produite par la rotation de la terre, de l'attraction du soleil et de la lune, l'auteur s'efforce d'expliquer dans leurs grandes lignes les mouvements généraux de la mer et de l'atmosphère.

Nous ne pouvons pas suivre M. de Saintignon dans les applications nombreuses de sa proposition hypothétique ; celle-ci ne semble pas exacte d'une manière générale ; dès lors, les cas où elle se vérifie réellement perdent beaucoup de leur importance.

V. D. M.

IV

IL METODO DEDUTTIVO COME STRUMENTO DI RICERCA, par le Dr JEAN VAILATI. Une brochure grand in 8° de 44 pages. — Turin, Roux Frassati et C°.

Cette brochure reproduit la leçon d'ouverture d'un Cours sur l'histoire de la mécanique professé à l'Université de Turin.

M. Vailati insiste sur la nature de la méthode déductive, telle

qu'elle a été présentée par Aristote dans l'*Organon*. La déduction peut être définie toute forme de raisonnement réductible au type appelé syllogisme. Elle consiste en ceci : partant de deux propositions dont la première constate qu'une certaine propriété A appartient à toute une classe d'objets B, et dont la seconde affirme qu'un objet déterminé C appartient à cette classe d'objets B, on passe à une troisième proposition dans laquelle on conclut que la même propriété A doit être attribuée à cet objet C. Les conclusions auxquelles on arrive par voie de déduction sont nécessaires, mais d'une nécessité tout hypothétique. On ne saurait douter de leur vérité, à moins qu'on ne veuille douter de la vérité des prémisses qui servent de point de départ. Le seul but de la déduction est donc de relier des propositions de telle manière qu'on ne puisse admettre les premières sans être forcé d'admettre aussi celles qu'on y rattache. D'autre part, c'est à l'observation des faits spéciaux et à l'induction qu'il appartient de fournir les principes sur lesquels les déductions se basent. Par l'induction on remonte d'une série de cas particuliers à une proposition générale, qui embrasse tous les cas offrant avec ceux qui ont été soumis à l'expérience directe un certain rapport de ressemblance.

Telle est la doctrine d'Aristote sur la nature et le but immédiat de la méthode déductive. L'idée pourtant qu'il se faisait des services que l'emploi de la méthode déductive est appelé à rendre, diffère notablement de celle que s'en sont faite les modernes depuis Galilée. Aristote semble considérer comme but presque exclusif de l'emploi de la méthode déductive la réduction du discutable à l'indiscutable, du douteux au certain ; ou bien, s'il considère des déductions prenant leur point de départ dans des propositions incertaines ou fausses, il ne leur attribue d'autre but que celui qu'ont en mathématiques les démonstrations par l'absurde, ou celui de tirer parti des opinions même fausses de l'adversaire (argument *ad hominem*).

La science moderne fait exactement le contraire. Elle part d'une hypothèse, elle en tire des conséquences par voie de déduction, et elle vérifie ensuite ces conséquences. Ici la valeur de la conclusion ne dépend pas de la certitude des prémisses ; c'est plutôt la certitude de la conclusion qui prouve le point de départ. C'est précisément dans le peu d'importance donnée à la méthode déductive comme moyen d'explication et d'anticipation sur l'expérience, que gît la différence caractéristique, essentielle, entre les idées d'Aristote et celles des fondateurs de la science

moderne. Il serait donc tout à fait inexact de faire consister cette différence dans la substitution d'une méthode nouvelle, basée sur l'expérience et l'observation, à une prétendue méthode ancienne, procédant uniquement par voie de déductions et d'affirmations *a priori*. Il est vrai qu'après Aristote et les anciens philosophes grecs on a étrangement abusé de la déduction ; et c'est peut-être ce qui a le plus contribué à accréditer cette fausse opinion. Mais il serait injuste de vouloir faire retomber sur les grands penseurs de l'antiquité la responsabilité des aberrations auxquelles conduisit si souvent l'abus de la méthode déductive.

M. Vailati termine la première partie de sa leçon par cette remarque : la nouvelle application de la méthode déductive contribua plus que toute autre cause au développement des méthodes expérimentales modernes. En effet, l'impossibilité de trouver dans les faits s'offrant spontanément à l'observation, le matériel nécessaire pour vérifier les conclusions déduites de prémisses hypothétiques, fit naître le besoin d'élargir artificiellement la sphère des faits à utiliser comme contrôle des théories, et contribua ainsi, plus que toute autre circonstance, à l'emploi systématique de faits provoqués, ou au recours à l'expérimentation proprement dite.

Remarquons ici que l'application moderne de la méthode déductive est légitime, et que la science lui doit peut-être ses plus grands progrès. Mais quels que soient ses avantages, elle ne donne pas de résultats absolus comme l'ancienne, même après vérification expérimentale des conclusions, à moins qu'on n'établisse en même temps qu'une autre hypothèse ne pourrait conduire à ces mêmes résultats.

Dans la seconde partie de sa leçon, M. Vailati recherche les causes auxquelles il faut attribuer le singulier contraste que présentent les éclatants succès de la méthode déductive dans certains champs d'investigation — dans les mathématiques, par exemple — et ses échecs humiliants dans d'autres sphères.

Ces insuccès ne tiennent aucunement à quelque incapacité inhérente à la méthode ; ils doivent être attribués soit à son application maladroite ou prématurée, soit à l'élaboration insuffisante et aux choix malheureux des hypothèses qui servent de point de départ. La méthode déductive, conclut M. Vailati, tend à élargir de plus en plus sa sphère d'action. Elle est destinée à croître en efficacité et en fécondité en même temps que s'étend le domaine des connaissances humaines. L'extension de ses applications ne doit pas seulement être considérée comme utile

et désirable, elle doit être comptée parmi les buts les plus importants de la recherche scientifique. Nous souscrivons volontiers à ces conclusions.

La leçon de M. Vailati, d'une lecture facile et attrayante, se recommande d'elle-même à ceux qu'intéressent les questions de méthodologie scientifique.

P. S.

V

LES INSECTES DES TEMPS SECONDAIRES, par FERNAND MEUNIER, assistant au Service géologique de Belgique. — Haarlem, 1898, in-8°, pp. 65, 30 planches en photogravure.

Le sous-titre de ce travail : *Revue critique des fossiles du Musée paléontologique de Munich,* en explique l'objet et la nature. Grâce à une mission scientifique obtenue de M. Schollaert, ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique de Belgique, M. Meunier a pu nous donner cette étude, où il examine en détail les types de la collection d'Arthropodes du secondaire de la Bavière.

Ce travail est fort bien mené. M. Meunier parcourt d'abord la série des Hyménoptères (36 échantillons). A ce sujet, il critique très justement certaines observations de Deichmüller et d'Oppenheim au sujet des *Rhipidorhabdus* de Bavière, et conclut à faire de ces curieuses formes d'articulés mésozoïques un groupe à part, ayant pourtant, au point de vue morphologique, certaines analogies avec celui des Lépidoptères.

Vient ensuite l'étude des Hémiptères (52 pièces). M. Meunier est peu catégorique sur un nombre assez considérable d'empreintes. Nous ne lui en faisons pas un reproche. Bien au contraire, nous présentons cette observation pour signaler la parfaite conscience avec laquelle il a rédigé ses déterminations. Oppenheim a souvent voulu trop préciser; aussi M. Meunier ne peut-il se rallier à plusieurs de ses conjectures.

Pour les Orthoptères, M. Meunier a revu 84 échantillons. La principale conclusion qui ressort de cet examen est l'extrême abondance des Orthoptères Blattides à l'époque de la formation du Portlandien de Solenhofen.

Les 28 Coléoptères déterminés à nouveau par M. Meunier

laissent en suspens la question de savoir quelles familles de ces insectes habitaient la Bavière à l'époque secondaire. En effet, ici surtout, l'auteur a dû constater la légèreté de certains travaux antérieurs, par exemple ceux de feu Weyenberg. Trop souvent aussi, les empreintes du Musée de Munich ont été retouchées par Oppenheim, qui, du reste, a fréquemment schématisé les reproductions qu'il a données des fossiles.

Les Névroptères sont très abondants au Musée de Munich. M. Meunier signale 96 échantillons. Pour cette partie de son travail, il a pu s'aider des belles recherches de Hagen qu'il a soin pourtant de contrôler ; et même après ces travaux, M. Meunier a pu déterminer une nouvelle espèce d'*Hageniotermes* qu'il a dédiée à M. von Zittel.

Pour finir, M. Meunier décrit une quinzaine de fossiles du Musée Maximilien d'Augsbourg, et reproduit la liste des 98 espèces d'insectes fossiles du terrain secondaire signalées par M. le Dr C.W. von Gümbel.

Les trente planches annexées au travail de M. Meunier reproduisent 96 empreintes d'insectes fossiles conservées au Musée de Munich. Ces planches sont d'une très belle venue et donnent, aussi parfaitement que possible, l'impression de la réalité. Faites d'après des photographies, elles n'ajoutent ni ne retranchent rien à l'échantillon ; on ne pourra donc pas reprocher à M. Meunier d'avoir schématisé les figures qu'il donne. C'est de la plus haute importance ; aussi son travail rendra-t-il de ce chef les meilleurs services aux paléontologistes.

Le mémoire de M. Meunier complète très heureusement celui que M. Brongniart (1) a consacré aux insectes des temps primaires (houiller de Commentry). Espérons que M. Meunier ne tardera pas à nous donner, comme il en a formé le projet, une étude sur les insectes des temps tertiaires, d'après les types de l'ambre conservés dans les Musées de Königsberg, Dantzig et Memel.

Lorsque ces diverses monographies auront été achevées, portant ainsi sur des époques diverses, il deviendra possible de formuler des idées générales sur la paléoentomologie. Jusque-là, il vaut mieux, croyons-nous, ajourner toute espèce de considérations générales qui ne portent pas encore sur un nombre de faits assez considérable pour avoir le droit de représenter une exacte et complète synthèse. J. G.

(1) Cfr. REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1895, p. 261.

VI

LES RACES ET LES NATIONALITÉS EN AUTRICHE-HONGRIE, par BERTRAND AUERBACH, professeur à la Faculté des Lettres de l'Université de Nancy ; avec une carte hors texte et 10 cartes dans le texte. — Paris, Alcan, 1898, in-8° de 333 pages.

Nulle part la question des races ne se pose avec plus d'insistance que dans l'empire austro-hongrois. D'abord, parce qu'aucun autre État ne renferme un nombre aussi considérable d'éléments ethniques différents, et ensuite parce que les revendications nationales s'affirment là plus impérieusement que partout ailleurs.

A divers points de vue, il peut être utile de posséder sur les populations de l'Autriche-Hongrie une étude d'ensemble exacte et impartiale, qui fournisse un exposé d'une valeur scientifique incontestable et qui soit complètement dégagée de toute prévention de l'amour-propre national. Ce n'est pas la qualité qui distingue les travaux assez nombreux publiés jusqu'à présent sur l'ethnographie des États austro-hongrois. Tout juste, la plupart ont été écrits avec l'idée préconçue de donner des armes scientifiques aux interminables conflits pour la prépondérance qui, depuis tant d'années, déchirent les peuples divers dont est formé le royaume de François-Joseph Ier. Là-bas, l'ethnologie sort des sphères sereines où elle se meut d'ordinaire, pour fournir un appoint aux luttes des partis. On fera donc bon accueil à un ouvrage qui ne soit pas suspect de pareilles visées et qui cherche, en dehors de toute querelle de nationalité, à donner une idée objective de l'ethnographie austro-hongroise. Disons, sans plus tarder, que le travail de M. Auerbach réalise toutes ces conditions, et qu'il est, sur les questions si controversées qu'il cherche à résoudre, un guide sûr et bien informé.

C'est, en effet, la première des qualités que nous devons relever dans l'œuvre du professeur de Nancy, la forte érudition et la connaissance approfondie des travaux antérieurs. Certes, en plus d'un cas, l'auteur s'écarte de certaines opinions assez généralement reçues et qui semblaient jusqu'à ce jour avoir conquis droit de cité; mais il le fait à bon escient, en discutant les arguments de ces théories et en produisant, pour les rejeter, d'autres raisons qui ont aussi leur poids.

L'ouvrage débute par une excellente introduction intitulée *Race et nationalité,* et qui se recommande à la méditation approfondie de tous les ethnologues. On commence, en effet, à être en ethnographie quelque peu troublé par cette notion de la race. Le temps n'est plus où, avec une belle assurance, on accolait à ce terme toute sorte d'épithètes qui ont fini par faire sombrer l'idée de race dans la plus parfaite confusion. De vrai, le mot ne garde pas une égale valeur, selon qu'on parle ou de race blanche, ou de race dolichocéphale, ou de race sémitique, ou de race caucasique, ou de race latine. Dans ces cinq expressions diverses, la qualification de la race est établie d'après des indices non moins divers : la teinte de la peau, la configuration crânienne, la généalogie, le lieu d'origine ou la descendance d'une même souche ethnique.

Il y a plus. Si l'on a pu, aux débuts de l'humanité et aux premières époques de l'histoire, parler de race, qu'est devenue, à l'heure présente, la réalité de ce concept ? Comme le dit très justement M. Auerbach, " ni les anthropologues, ni les ethnographes les plus perspicaces ne sauraient montrer aujourd'hui une communauté humaine, peut-être pas un seul individu auquel ils oseraient assigner une filiation inaltérée ".

M. Auerbach analyse aussi très finement l'idée de nationalité. Il constate d'abord qu'elle ne se confond pas avec la race. Pour ne donner qu'un exemple, la nation belge comprend deux races distinctes, les Flamands et les Wallons. La nationalité n'a pas pour symbole la langue, témoin la Suisse. S'appuie-t-elle sur la conformité religieuse? Certaines nations ont, il est vrai, absorbé l'une dans l'autre l'idée religieuse et l'idée nationale; ce fut le cas pour la nation juive, et certains peuples orientaux sont encore imbus des mêmes principes. Mais, d'autre part, on voit des confessions très dissemblables persévérer au sein d'une même nation, et faire taire leurs dissensions religieuses au jour où leur nationalité est en question. M. Auerbach montre aussi que ce n'est point absolument ni dans le cadre territorial, ni dans le cadre politique et administratif que la nationalité trouve son assiette. En résumé, la nationalité a sa racine et sa raison d'être, non pas dans la combinaison des facteurs que nous venons d'énumérer, " mais dans la conscience et la volonté des hommes qui se groupent sous son égide, si ces hommes, quels que soient leur origine, leur langue, leur culte, vivent la même vie, pratiquent les mêmes institutions, respectent les mêmes traditions, aspirent au même idéal ".

Après ces notions préliminaires qui, surtout pour le sujet qu'il allait traiter, avaient besoin d'être nettement établies, M. Auerbach aborde l'objet de son livre. Dans un premier chapitre, il esquisse brièvement la formation de la nationalité fondée sous le sceptre des Habsbourg jusqu'au compromis qui, après 1848, consacra les premières revendications des peuples soumis jusque-là à l'idée d'un État autrichien-allemand.

Le chapitre II expose les méthodes et les résultats généraux des recensements ethniques en Autriche. M. Auerbach a retourné sous toutes leurs faces les statistiques produites à cet égard. Ces statistiques basées sur la langue, qui est, malgré son imperfection et son insuffisance, le principal indice de recensement, ont donné les résultats suivants. L'empire d'Autriche renfermait, en 1890, en chiffres ronds huit millions et demi d'Allemands, cinq millions et demi de Tchèques (Bohémiens, Moraves, Slovaques), près de quatre millions de Polonais, un peu plus de trois millions de Ruthènes, un fort million de Slovènes, six cent mille Serbes et Croates, à peu près autant d'Italiens et de Ladins. M. Auerbach ne signale que 8139 Magyars, chiffre évidemment erroné. On voit du premier coup que l'Autriche n'est pas un État allemand, car à peine un tiers de sa population se sert de la langue germanique. Les Slaves dépassent le contingent de quatorze millions, mais ils sont trop divisés, territorialement et moralement, pour faire de l'Autriche une nation slave. Le mouvement démographique est curieux à étudier. En ces dix dernières années, l'énergie prolifique de la race allemande a beaucoup diminué : alors que les Polonais se sont accrus de 14,84 p. c., les Serbes et les Croates de 14,42, les Ruthènes de 11,19, l'augmentation pour les Allemands n'a été que de 5,65. On a aussi constaté que les excédants de naissances sont, dans la population allemande, moins nombreux que chez toutes les autres nationalités, et que le croisement des Slaves avec les Germains produit sur la natalité un effet déprimant.

Dans l'étude détaillée que fait alors M. Auerbach des diverses populations de l'Autriche, il parcourt successivement l'Autriche alpestre (Haute et Basse Autriche, Salzbourg, Styrie, Carinthie, Carniole), le Tyrol et le Vorarlberg, la Bohême, la Moravie et la Silésie, la Galicie, la Bukovine, le littoral de l'Adriatique, la Dalmatie, la Hongrie, la Transylvanie et la Croatie.

Cet ordre d'exposition n'est pas des plus méthodiques et choque à première vue. Il en est résulté des redites ; l'auteur s'est vu par là obligé de reprendre l'étude de races déjà précé-

demment examinées. Ainsi les Roumains apparaissent en Bukovine et en Transylvanie, les Allemands en Autriche et en Hongrie ; les Slaves se trouvent en Pologne, en Dalmatie et en Croatie. N'était-il pas plus logique d'entamer l'étude des populations de l'empire austro-hongrois par races plutôt que par provinces ?

L'auteur répond à cette objection dans la préface. " C'eût été brouiller l'image ethnographique que d'apparier, sans souci des frontières politiques qui les morcellent, des groupes congénères, même contigus. L'action des Ruthènes de Galicie n'est pas solidaire de celle des Ruthènes de Bukovine qui ont pour adversaires les Roumains... Il y a lieu, tout au contraire, de signaler les différences qui, entre individus issus d'une même souche, se sont accusées dans des milieux séparés. "

Ne l'oublions pas, l'auteur se place plutôt au point de vue historique et politique. L'ethnologie n'est pas pour lui le but, c'est la donnée sur laquelle il s'efforce de concevoir la lutte des races et des nationalités. N'insistons donc pas, pour des raisons différentes de celles qui ont guidé M. Auerbach, sur l'ordre qu'il a suivi dans ses recherches ; voyons plutôt comment il a accompli sa tâche.

Il commence par la description ethnographique de l'Autriche alpestre, où il trouve des Austro-Allemands et des Slovènes. Race mêlée, les Austro-Allemands sont en majorité brachycéphales, de taille plutôt réduite et de coloration foncée. Nous résumons en ces quelques mots de longues pages où M. Auerbach développe les preuves très satisfaisantes de ces assertions générales. A la lumière de l'histoire, l'auteur analyse d'une façon très juste le rôle politique joué par les Allemands en Autriche; mais, ce point de vue s'écartant des sujets d'étude de cette REVUE, nous n'y insisterons pas.

Passons aux Slovènes de l'Autriche alpestre. Ici encore, point de race pure, mais le résidu du mélange de divers éléments ethniques.

L'ethnologie du Tyrol est des plus compliquées. Elle a pourtant été étudiée à fond, surtout par MM. Bidermann, Schneller, Tappeiner, Galanti et Mantegazza. Avec M. Auerbach, le plus rationnel est, pour ce qui concerne les temps actuels, de diviser la population du Tyrol et du Vorarlberg en Allemands, Romans et Ladins. C'est ce dernier groupe qui, au point de vue ethnologique et philologique, offre le plus d'intérêt.

En Bohême, en Moravie et en Sibérie, où nous introduit le

chapitre V, nous rencontrons surtout les Tchèques, tribu d'origine slave, qui s'établit dans le pays dès le VIe siècle. Ce sont aussi des Slaves qui peuplent la Galicie, où il faut pourtant distinguer les Ruthènes, qui, bien que d'origine slave, se sont spécialisés en un type nettement caractéristique. On ne peut pas non plus méconnaître l'influence ethnique des juifs en Galicie, et à titre de curiosité il y a aussi à signaler une colonie de 1800 Arméniens; toutefois leur idiome n'a plus qu'un usage liturgique.

" La Bukovine, dit M. Auerbach, au début de son VIIe chapitre, est un rendez-vous des peuples. Outre les Ruthènes et les Roumains, des Polonais, des Magyars s'y sont infiltrés, „ et l'on y rencontre aussi bon nombre d'Allemands. Ici encore grand mélange des races; les Ruthènes sont roumanisés, et les Roumains slavisés. Les Roumains d'Autriche sont surtout à étudier en Transylvanie, et nous passerons, pour revenir sur les chapitres intermédiaires, au chapitre XII, où M. Auerbach entame à fond la question de l'origine ethnique des Roumains.

Dans notre travail sur les *Populations danubiennes* publié dans cette Revue (1), nous avons ouvertement pris parti pour la thèse qui fait des Roumains les descendants directs des légionnaires de Trajan établis en Dacie. M. Auerbach se range plutôt à l'avis contraire, ou, pour parler plus exactement, il met en vive saillie les objections qu'on peut opposer à la thèse des écrivains roumains et signale " les obscurités de ce procès historique „. Il eût fallu davantage pour ruiner ce que M. Auerbach appelle, un peu lestement peut-être, les prétentions des Roumains, et s'en prendre directement aux preuves elles-mêmes. Du reste, ce n'était pas le but de M. Auerbach de résoudre cet épineux problème; il s'est contenté de signaler le débat, et cela, nous le reconnaissons volontiers, avec une érudition irréprochable.

L'Autriche est baignée au sud par l'Adriatique, et le littoral reproduit la marqueterie ethnographique du reste de l'empire. Là encore, Allemands, Romans, Italiens, Roumains, Slaves et Croates sont groupés dans les trois provinces de Trieste, de Gradiska et d'Istrie. Les Italiens dominent dans le premier district; dans le second, ce sont les Slovènes qui l'emportent; l'Istrie est livrée aux Serbo-Croates et aux Italiens, en nombre à peu près égal. M. Auerbach remarque fort justement que les Italiens du littoral de l'Autriche " seraient mal venus à se targuer d'une communauté d'origine „. Même observation pour les Slaves de

(1) T. XVII-XX, 1885-86.

cette région où, dès 1857, Czoernig notait treize nuances ethnographiques.

Le chapitre IX consacré à la Dalmatie est, à notre avis, un des plus intéressants du beau livre de M. Auerbach. Il a fort nettement saisi les caractères saillants de cette population, et marqué la situation de transition que, par son esprit et par son art, elle occupe entre le monde latin et le monde slave.

Parmi les nationalités diverses dont se compose l'empire d'Autriche, les Magyars de la Hongrie occupent à tous égards une place prépondérante. Les Magyars sont arrivés dans le pays qu'ils occupent aujourd'hui au xe siècle. Quelle est l'origine et quel est le caractère ethnique des Magyars hongrois ? Cette question n'est pas complètement élucidée et les discussions continuent encore sur ce sujet. D'une façon très nette et suffisamment développée, d'après les travaux nombreux que ce problème a fait surgir et qu'il connaît en perfection, M. Auerbach expose l'ensemble des principales opinions, et il en présente le résumé suivant, qui nous paraît devoir être accepté jusqu'à meilleure information. " Quoi qu'il en soit, c'est avant l'occupation de leur habitat définitif que les Magyars avaient cessé d'être un peuple ethniquement pur ; ils formaient un amalgame d'ougrien et de turc. Sur le Danube, ils rencontrèrent une agglomération sédentaire, déjà touchée par le christianisme, les Slaves. Conquérants et conquis se mêlèrent; de là, dans la langue magyare, un contingent de mots slaves, d'ordre ecclésiastique ou religieux, et d'ordre politique : l'appellation de plantes cultivées, d'outils culturaux, de métiers. Ce vocabulaire, d'après Miklosich, auquel Hunfalvy accorde toute confiance, serait de provenance slovène. Vambéry, outre qu'il expurge et réduit la liste des termes slaves entrés dans le magyar, conteste que les Slaves aient enseigné aux nouveaux venus la pratique agricole et les aient initiés à une civilisation plus avancée. „

Les Magyars, qui au dernier recensement étaient au nombre de 7 426 000, continuent à se multiplier ; non seulement la race est prolifique, mais ce peuple possède une rare vertu d'assimilation. " Le magyarisme, dit M. Auerbach, conquiert les jeunes générations. „ C'est surtout en Hongrie que la lutte des nationalités dans l'Empire autrichien sévit avec acuité. On ne s'en étonne plus, quand, après avoir lu le chapitre XI du livre de M. Auerbach, on aura pu se rendre compte de la valeur relative des races qui occupent la Hongrie : Magyars, Allemands, Slaves du Nord.

Il nous reste à signaler les trois derniers chapitres de l'ouvrage que nous analysons; ils sont consacrés aux Slaves du Sud : Wendes, Croates, Serbes et Bulgares, et aux Tsiganes. Ces peuples ont gardé un sentiment très vif de leur nationalité et, surtout en Croatie, nourrissent contre les Hongrois une vive animosité. On connaît le mot typique de Mgr Strossmayer : " Plutôt Russes que Magyars ".

Les Tsiganes, qui dans le reste du monde apparaissent à l'état de hordes vagabondes, forment en Hongrie un groupe compact de 280 000 individus, occupés surtout au travail des métaux. On constate chez ce mystérieux peuple un grand mouvement de fusion avec les autres nations de l'empire, surtout avec les Roumains.

Tel est, en substance, l'ouvrage de M. Auerbach, dont nous ne prendrons pas congé sans redire avec quel intérêt nous l'avons étudié. Nous ne ferons qu'une seule réserve. M. Auerbach juge assez sévèrement, quoique en termes courtois, l'influence sociale, politique et civilisatrice que les Jésuites ont exercée en diverses régions de l'Empire autrichien, et il semble n'avoir entendu sur ce sujet qu'une cloche. Il serait aisé de montrer que les Jésuites furent moins hostiles au développement de la langue slave que M. Auerbach l'affirme aux pages 144 et 161. Un coup d'œil sur la *Bibliographie de la Compagnie de Jésus* suffit à montrer que les écrivains jésuites se sont eux-mêmes abondamment servis de l'idiome à l'endroit duquel on les accuse de froideur systématique. Mais ce n'est pas le lieu d'ouvrir ici cette controverse, qui nous entraînerait très loin.

J. VAN DEN GHEYN, S. J.

VII

LES ORIGINES. *Questions d'apologétique*, par l'Abbé J. GUIBERT, Supérieur du Séminaire de l'Institut catholique de Paris. 1 vol. in-8° de VIII-390 pp.; 2e édition ornée de nombreuses figures. — Paris, Letouzey et Ané, 1898.

Nous avons donné, dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES de juillet 1896, un compte rendu détaillé du volume de M. Guibert sur *les Origines*. Nous y faisions ressortir les qualités du savant

apologiste, tout en signalant un certain nombre de points qui, à notre avis, prêtaient le flanc à la critique. Aujourd'hui nous n'avons pas l'intention de refaire un travail du même genre, nous ne voulons que recommander à nos lecteurs la seconde édition de cet excellent ouvrage.

Le plan général du livre est resté le même; les questions d'apologétique traitées se présentent dans le même ordre et en même nombre. Quatre chapitres sont consacrés à l'étude des origines de l'univers, de la vie, des espèces et de l'homme ; les deux suivants traitent de l'unité et de l'antiquité de l'espèce humaine ; le septième et dernier s'occupe de l'état de l'humanité primitive. L'auteur a, du reste, revu et complété son travail avec un soin scrupuleux. Les problèmes qu'il s'agit de résoudre sont posés avec une clarté et une précision extrêmes, et, dans les réponses, ce qui est certain est nettement séparé de ce qui n'est encore qu'hypothétique. Les découvertes récentes dans le domaine des sciences naturelles, les théories en vogue quelle qu'en soit du reste la valeur, les publications scientifiques et philosophiques parues depuis la première édition, les périodiques ont été mis à contribution par M. Guibert, et on peut se convaincre en le lisant que rien d'important ne lui a échappé. Son livre est vraiment au point, et le lecteur trouvera, dans d'abondantes notes judicieusement choisies, les pièces justificatives propres à éclairer sa conviction. Sera-t-il toujours, après lecture, de l'avis de M. Guibert? Nous n'oserions l'affirmer. En tous cas, l'auteur lui met loyalement sous les yeux toutes les pièces du procès. Disons enfin qu'il n'a dédaigné aucune des critiques adressées à son précédent travail; s'il n'a pu faire droit à toutes, du moins a-t-il très courtoisement donné les raisons de sa fidélité à ses convictions premières. Personne ne pourra l'en blâmer ; n'est-ce pas surtout au genre de problèmes étudiés dans ce volume que doit s'appliquer la maxime: *in dubiis libertas* ?

Trois études ont été plus profondément remaniées: la première, sur l'origine de l'univers; la troisième, sur l'origine des espèces; la dernière, sur l'état de l'homme primitif. Nous dirons un mot de chacune d'elles.

Mettant en regard d'un côté la cosmogonie scientifique exposée avec beaucoup de clarté et expliquée par de nombreuses figures, de l'autre la cosmogonie biblique telle que la raconte le 1er chapitre de la Genèse, M. Guibert indique fort nettement l'opposition qui paraît exister entre ces deux documents. " D'après le docu-

ment scientifique, dit-il, Dieu a créé le monde en faisant agir, pendant un nombre incalculable de siècles, les forces naturelles. D'après le document biblique, il semblerait que Dieu a créé le monde en six jours et qu'il en a disposé toutes les parties par une intervention immédiate de sa toute-puissance. „ C'est pour faire cesser cette double contradiction apparente que les exégètes ont imaginé divers systèmes qui se ramènent à trois : *le littéralisme* qui explique la création en six jours de vingt-quatre heures, *le concordisme* qui donne au mot hébreu " jour „ le sens de période indéterminée, *l'idéalisme* ou système des jours métaphoriques qui revêt différentes formes. M. Guibert expose et critique chacun de ces essais avec justesse et impartialité, marquant soigneusement leurs diverses nuances. Sans se prononcer pour aucun, il reconnaît que depuis quinze ans environ un mouvement très prononcé vers l'idéalisme se produit chez les catholiques. Et il termine par cette excellente réflexion : " Ne soyons pas surpris que l'exégèse orthodoxe revête plusieurs formes accessoires dans un même temps ; cette variété d'opinions a existé à tous les moments de son histoire. Tant que l'Église ne se prononce pas, les systèmes valent ce que valent les raisons de leurs auteurs. „

Dans l'étude sur l'origine des espèces, la marche de la discussion demeure la même que dans la première édition ; elle est d'ailleurs très logique. Après un aperçu historique très suffisant, M. Guibert énumère les faits invoqués en faveur de l'évolution, puis il examine comment les transformistes s'efforcent d'expliquer et l'apparition des variétés organiques et leur fixation dans les êtres vivants. Réprouvant, comme ils le méritent, les excès de l'évolutionnisme et en particulier le monisme de Spencer, il montre qu'il existe un évolutionnisme modéré et spiritualiste auquel ni la Sainte Écriture, ni la philosophie catholique ne défendent d'adhérer. Il termine par l'exposé des difficultés et des arguments opposés par les antitransformistes à la doctrine de l'évolution. C'est surtout cette dernière partie de son travail que l'auteur a soigneusement revue et avantageusement complétée. Le lecteur a ainsi sous les yeux les arguments des deux partis, créationniste et évolutionniste, et il peut faire son choix en connaissance de cause. Nous ne reprocherons pas à M. Guibert d'exposer avec une sympathie non dissimulée la thèse des évolutionnistes modérés, ni même d'y voir " un système de conciliation entre les faits constatés par la science et les principes éternels de la saine philosophie „. Mais ne poursuit-il pas une chimère, quand il

ajoute: " Peut-être les partis extrêmes s'accorderont-ils un jour en cette opinion intermédiaire ? „ Pour nous, entre les partisans de la fixité des espèces et ceux de leur transformation, le désaccord nous paraît absolument irréductible.

Dans sa dernière étude, *état de l'homme primitif*, l'auteur veut prouver, à l'encontre de la thèse matérialiste, que l'homme, sorti des mains de Dieu avec toutes les facultés que comporte sa nature, est resté identique à lui-même à travers tous les siècles, tant au point de vue organique qu'au point de vue intellectuel. Cette constatation n'est pas, en somme, très difficile à faire. On possède, en effet, toute une série de documents qui constituent le domaine de la Préhistoire, et qui permettent de poursuivre l'étude de l'homme depuis le début des temps quaternaires jusqu'à l'apparition des métaux. Ce tableau des diverses industries préhistoriques est retracé par M. Guibert d'une façon beaucoup plus étendue que dans sa première édition. Chacune de ces divisions est caractérisée par une faune particulière et par les instruments de pierre ou d'os les plus communs ou les plus saillants. De plus, à chacune de ces périodes, il a rattaché la description des ossements humains, surtout des crânes qui s'y rapportent, en écartant avec soin les pièces d'une authenticité douteuse. C'est tout un petit traité de Préhistoire d'une extrême clarté, et qui rendra service à ceux qui ne sont pas familiarisés avec ce genre de recherches. Ces divisions et subdivisions si multipliées étonneront peut-être quelques lecteurs, mais elles sont dans le goût des préhistoriens, et pourvu qu'on les considère comme des casiers destinés à classer les documents plus ou moins similaires, elles ne nous paraissent pas avoir grand inconvénient. En tous cas, elles ont permis à M. Guibert de mettre beaucoup d'ordre dans sa revue des reliques de l'homme primitif ou des restes de son industrie, et elles l'autorisent à conclure avec M. de Quatrefages : " Toutes les fois que les restes (de l'homme préhistorique) ont permis d'en juger, on a trouvé en lui le pied, la main qui caractérisent notre espèce. La colonne vertébrale a montré la double courbure à laquelle Lawrence attachait une si haute importance... Plus on étudie et plus on s'assure que chaque os du squelette depuis le plus volumineux jusqu'au plus petit porte avec lui, dans sa forme et dans ses proportions, un certificat d'origine impossible à méconnaître. „ L'identité organique est donc certaine, elle se déduit de la similitude des ossements et en particulier des crânes de nos

ancêtres à travers les âges. Il est non moins certain, si l'on étudie leurs monuments, leurs industries, leurs armes, etc..., qu'ils avaient une intelligence de même nature que la nôtre et, par suite, qu'ils étaient aussi éloignés que nous de l'animalité.

Nous sommes persuadé que cette seconde édition des *Origines* sera très goûtée des lecteurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Nous le souhaitons vivement; voilà pourquoi nous n'avons pas hésité à leur parler une seconde fois du livre de M. Guibert. L'actualité des problèmes qu'il aborde, la compétence de l'auteur, les qualités remarquables dont il fait preuve expliqueront et, au besoin, excuseront ce second article sur le même sujet.

D. LE HIR.

VIII

TRAITÉ COMPLET DE MÉDECINE PRATIQUE, à l'usage des gens du monde, par le docteur H. VIGOUROUX. Tomes II et III, ornés de nombreuses gravures. — Paris, Letouzey et Ané, 1897 et 1898.

Puisque le Traité de médecine du Dr Vigouroux est écrit pour les gens du monde, il sera bien permis à un profane de présenter aux lecteurs de la REVUE les tomes II et III qui viennent de paraître.

Le tome II est consacré à *l'hygiène*. Voici les grandes lignes de ce volume qui contient plus de 600 pages, et qui touche à des questions si importantes et si pratiques. L'organisme, chez l'homme, est d'abord affecté par les agents extérieurs tels que la région qu'il habite, l'eau qu'il boit, les aliments dont il se nourrit, l'air qu'il respire, les vêtements dont il se couvre, l'exercice et le sommeil qui se partagent son temps. M. Vigouroux les passe successivement en revue sous le titre de modificateurs simples extrinsèques. Sous le nom de modificateurs intrinsèques, il étudie ensuite les prédispositions biologiques et toutes les causes de nature morale qui peuvent agir sur nos sens et sur nos organes. C'est là que vient l'examen des divers tempéraments nerveux, sanguin, bilieux, etc..., de l'hygiène propre

aux différents âges, de l'influence du moral sur le physique et réciproquement.

Car M. Vigouroux se garde bien d'oublier que, pour être utile, le médecin doit être doublé d'un moraliste, et que l'adage ancien reste toujours vrai : *mens sana in corpore sano.* Sous le titre de modificateurs composés, l'auteur s'occupe de l'action des climats et de la salubrité de l'habitation, question complexe entre toutes, et qui embrasse tout ce qui est relatif au chauffage, à l'éclairage, à la ventilation, à la construction, à l'expulsion des eaux de ménage, etc... Passant enfin aux situations particulières, M. Vigouroux envisage l'hygiène de l'habitant des villes et de celui des campagnes, celle qui convient au soldat, au marin, à l'écolier. Les deux derniers chapitres ont trait aux maladies contagieuses et à la législation sanitaire française. Tout cela est écrit avec ordre, simplicité et clarté ; l'auteur a su se mettre à la portée de tout homme instruit, sans jamais négliger l'exactitude et la précision scientifiques qui lui ont mérité l'éloge de ses pairs.

La même appréciation flatteuse convient au tome III qui contient l'étude des maladies et de leur traitement, sous le titre de *Pathologie et Thérapeutique.* Il ne renferme pas moins de 710 pages et de 144 figures. Ce volume est divisé en deux parties : 1° les maladies générales comme les fièvres, les maladies infectieuses, diathésiques, constitutionnelles, mentales, les névroses, les maladies de la peau, les empoisonnements, les maladies chirurgicales des divers tissus ; 2° les maladies des régions et des organes. Ainsi, dans les maladies de la tête, on étudie les maladies des yeux, des oreilles, du nez, de la bouche, etc...; dans les maladies intrathoraciques, celles de l'estomac, des intestins, du foie, des reins, etc., de façon à passer en revue toutes les maladies soit internes, soit externes.

Si la description des maladies, de leurs causes et de leurs symptômes est importante, leur traitement, c'est-à-dire la thérapeutique, l'est encore plus. Pour les maladies bénignes, l'auteur donne toutes les indications nécessaires permettant d'obtenir une guérison rapide. Mais pour les maladies graves, il sera toujours nécessaire d'avoir recours à un médecin, dont on devra suivre scrupuleusement les prescriptions.

A la fin du volume l'auteur donne, dans un memento pharmaceutique, la dose exacte en grammes, centigrammes et milli-

grammes des médicaments. Ce memento est précédé d'une notice sur les différents modes de bandages.

Nous ne doutons pas du succès du Traité du Dr Vigouroux, car il répond à un véritable besoin. Inutile d'insister sur la compétence spéciale de l'auteur; disons seulement qu'au point de vue typographique l'ouvrage est très soigné et se présente très bien.

D. Le Hir.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ETHNOGRAPHIE ET LINGUISTIQUE

Les types de la civilisation. — Les sociétés humaines ne réalisent pas toutes le même type de civilisation : les unes sont nomades, d'autres vouées à l'agriculture, d'autres s'adonnent à la vie pastorale, tandis qu'on voit ailleurs certains groupes préférer les travaux de l'industrie ou ceux, plus purs encore, de l'intelligence.

M. Vierkandt a cherché à ramener à des types fondamentaux les diverses formes de la civilisation humaine (1), et il a cru pouvoir s'arrêter à trois groupes principaux : les peuples à civilisation complète, les nations à culture purement naturelle et les civilisations mêlées. Cette division n'est pas mauvaise; elle a le mérite de la simplicité, de la clarté et elle épuise la série des populations à classifier.

Les divers groupes fixés par M. Vierkandt se distinguent par des qualités psychiques spéciales. L'auteur étudie d'abord celles que possèdent en commun les deux premiers groupes; il examine ce que sont, dans ces races, l'activité et la passivité, la constance, le sentiment de la valeur personnelle, la volonté, l'énergie, la prévoyance, la moralité, la personnalité, le sentiment, l'activité scientifique, l'intelligence. Ensuite, M. Vierkandt se livre à semblable recherche sur les peuples inférieurs, sur les races à l'état

(1) Archiv für Anthropologie, t. XXV, 1898, pp. 61-75.

naturel, surtout les nomades et les sédentaires, et enfin sur les populations à civilisation mixte.

Il y a dans ce travail de fines observations, et les conclusions en sont établies moins *a priori* qu'on ne pourrait le croire. Toutefois, nous n'oserions pas affirmer que M. Vierkandt a toujours et complètement évité l'écueil du subjectivisme qu'il lui a fallu côtoyer au cours de ses recherches.

La Toponymie. — Au Congrès d'histoire et d'archéologie qui s'est tenu à Malines en 1897, MM. Félix Le Sergeant de Monnecove et Edg. de Marneffe ont proposé certaines règles à suivre dans l'étude des noms de lieux (1).

Le premier n'a fait, comme il le dit du reste lui-même, que rappeler certains principes déjà énoncés par MM. d'Arbois de Jubainville et Longnon, et dont le plus important est de remonter aux formes anciennes, sans s'arrêter aux formes intermédiaires qui sont fréquemment corrompues et altérées. M. Le Sergeant cite un exemple typique. Le cadastre de Fauquemberge (Pas-de-Calais) cite *El bout de ville* comme le nom d'un lieu dit, et le rédacteur de la carte de l'état-major crut faire preuve de sagacité en corrigeant cette expression populaire et en lui substituant la forme française : *Le bout de la ville.* Or, en remontant à la forme ancienne, on s'aperçoit que *El bout de ville* doit s'écrire *Helleboudeville, Hellebodeville,* demeure d'Hellebode.

M. Le Sergeant reproduit ensuite un long extrait du chevalier de Goncourt, qui, dans l'Encyclopédie, signa l'article *Art étymologique.* Malgré l'admiration qu'il professe pour cette page un peu oubliée, nous pensons qu'il y a des maîtres plus récents à écouter, et avec plus de profit. Parmi ces maîtres, M. de Marneffe vient de se placer en bon rang. Les règles qu'il formule pour l'étude des noms de lieux sont vraiment très justes, très simples, et leur application rigoureuse ne pourra manquer de conduire à un bon résultat.

M. de Marneffe constate d'abord qu'il faut relever les formes anciennes ; il indique les sources à utiliser pour ce travail, et fixe les principes d'identification des formes anciennes avec les graphies nouvelles. Ainsi il faut noter la chronologie des formes, se rendre compte soigneusement si l'on a affaire à un original ou à une copie, noter le lieu d'origine du document et la langue dans laquelle il est conçu.

(1) MÉMOIRES PRÉSENTÉS AU XIIe CONGRÈS ARCHÉOLOGIQUE ET HISTORIQUE DE MALINES, t. II, pp. 395-402, 485-501.

Après avoir recueilli les diverses formes d'un nom, il faut procéder à leur classement, et pour cela il y a lieu de connaître les lois qui régissent la transformation des mots dans les idiomes auxquels ces formes appartiennent.

Certains noms de lieux ont une double forme, et en Belgique l'une romaine, l'autre germanique, comme Warsage et Werst, Roosenaken et Russeignies, Haeltert et Hautrage. Les lois de transformation, appliquées à deux idiomes différents, fournissent alors un contrôle réciproque pour la reconstitution du type commun.

Il n'est pas toujours possible de remonter aux formes primitives ni par les documents, ni par les règles de l'étymologie ; il faut, dans ce cas, en appeler à l'analogie.

Enfin, M. de Marneffe trace les règles de la décomposition des noms et de leur interprétation. Ces dernières nous ont paru un peu vagues. Il est vrai que, pour retrouver la signification d'éléments absolument inintelligibles, il n'y a guère de règle certaine à formuler. Il faut bien alors se contenter de conjectures, de pures hypothèses.

La Géographie et l'Ethnologie. — M. Ratzel a présenté naguère à la Société scientifique de Leipzig un important mémoire, où il établit les rapports de la géographie et de l'ethnographie (1).

L'auteur de ce travail a été extrêmement frappé du peu d'importance que les ethnologues ont attaché jusqu'à ce jour au fait des migrations des peuples, et pourtant cette étude des voies parcourues par les nations depuis le berceau de leur race jusqu'au centre de leur vie historique est de nature à jeter une lumière inattendue sur le problème des origines ethniques. Comme le dit en termes fort ingénieux M. Ratzel, à savoir le *comment* des migrations on peut arriver à établir *par où* elles se sont dirigées et *d'où* elles sont parties.

Il est impossible d'analyser le mémoire de M. Ratzel, qui est à lire en entier et à étudier à fond par ceux que la question intéresse. En effet, les moindres détails portent ; fort ténue est l'analyse des éléments nombreux qui entrent en ligne de compte dans la synthèse à établir ; tout cela rend assez laborieuse la

(1) BERICHTE UEBER DIE VERHANDLUNGEN DER KOENIGLICH SACHSISCHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN ZU LEIPZIG. Philologisch-historische Classe, t. L, 1898, pp. 1-75.

recherche de la formule générale qui traduirait exactement la thèse défendue par l'auteur.

Essayons néanmoins, par quelques traits plus typiques, de donner une idée de la méthode ethnographique de M. Ratzel et des principales déductions de son travail. Voici les titres des chapitres du mémoire : 1° La géographie et le problème des origines; 2° La mobilité et les mouvements des peuples; 3° L'espace parcouru dans les migrations et la région de l'établissement définitif; 4° La route et le pays d'origine. On le voit, ces en-tête de chapitres sont peu suggestifs, et il est regrettable que M. Ratzel n'ait pas trouvé de termes plus expressifs pour résumer les intéressants développements qui se trouvent à la suite de ces titres si vagues.

Le travail de M. Ratzel est le résultat de lectures considérables dans le domaine de l'ethnographie; on s'en aperçoit dès les premières pages, car les exemples les plus typiques, les faits ethniques les plus appropriés viennent, de la façon la plus naturelle, appuyer les théories proposées. Ces exemples et ces faits sont empruntés aux peuples les plus divers, aux races les plus variées, et tour à tour toutes les nations de la terre viennent témoigner en faveur de l'assertion émise.

Pour nous rendre compte du procédé de M. Ratzel, le mieux sera d'analyser un des passages de son travail; nous choisissons celui où il est question du berceau d'un peuple ou d'une race (p. 67 sqq.). M. Ratzel commence par analyser le concept. Il remarque fort justement que la réponse à donner à la question du pays d'origine d'un peuple n'est pas aussi simple qu'on le croit. Les Yankees de l'Amérique du Nord viennent des régions germano-celtiques de l'Europe centrale ou occidentale, de l'Angleterre, de l'Écosse, de l'Irlande, de l'Allemagne, etc. Mais les habitants de ces derniers pays, d'où viennent-ils ? On appellera donc berceau d'un peuple la région au delà de laquelle on ne peut plus poser cette question. Le pays d'origine est, par conséquent, le terme le plus éloigné de toutes les migrations d'une race. Toutefois M. Ratzel remarque que souvent le problème du berceau d'une race est mal posé, et il en donne comme exemple, d'ailleurs fort bien choisi, le pays d'origine des peuples dits aryens ou plutôt des langues aryennes.

L'auteur examine ensuite les considérations physiques de certaines régions qui sont, mieux que d'autres, appropriées à provoquer des exodes de peuples. Mais, avec infiniment de raison, il observe que pareil argument doit être invoqué avec la plus

grande prudence, et qu'à le manier sans mesure on risque de ne rencontrer que le scepticisme, comme Lesson essayant de prouver que la Nouvelle-Zélande était, presque par essence et nature, faite pour être le berceau des Polynésiens, et Lewis H. Morgan qui, pour des raisons analogues, a cru pouvoir fixer dans les vallées de la Colombie le point de départ des migrations américaines.

Il y a, au sujet du pays d'origine, un axiome dont on a parfois abusé, celui qui consiste à établir un rapport entre le berceau d'une race et le nombre d'individus qui la représente en certaine région donnée. M. Ratzel cite une foule de cas qui démentent l'axiome, et qui montrent à l'évidence que ce n'est pas nécessairement le berceau de la race qui contient le nombre le plus considérable d'individus.

Voici un autre principe : si le pays d'origine est pauvre et restreint, il provoquera, plus que d'autres, la sortie d'essaims ethniques vers des climats plus heureux.

On peut aussi arriver à déterminer le pays d'origine de plusieurs groupes par l'étude de leurs divergences. Celles-ci seront d'autant moindres que l'aire de dispersion a été plus restreinte, et que celle-ci s'est opérée plus rapidement. De ces données M. Ratzel conclut, par exemple en ce qui concerne les Bantous, que leur pays d'origine était relativement peu étendu, et la recherche de leur berceau consiste à trouver la réponse à cette question : Où se rencontre en Afrique la réunion des caractères linguistiques communs aux peuplades bantoues de l'Est et de l'Ouest ? M. Ratzel ne résout pas le problème, il se contente de dire, qu'en vertu des considérations précédentes, la solution proposée par M. Barthel n'est pas satisfaisante (1).

Arrêtons ici ce résumé des recherches de M. Ratzel, qu'il faut, nous le répétons, méditer à loisir; car il y a aussi, à côté d'excellentes observations, certaines remarques un peu banales et d'autres qui appelleraient des réserves ou même une sérieuse contradiction.

Le Totémisme. — Cette question qui tient une large place dans un ouvrage récent de M. Jevons (2) a été reprise, à cette occasion, par M. Marillier (3).

(1) *Völkerbewegungen auf der Südhälfte des Afrikanischen Kontinents*, p. 87.

(2) *An Introduction to the History of Religion.*

(3) *La Place du Totémisme dans l'Évolution religieuse à propos d'un*

M. Jevons avait cru trouver dans le totémisme l'explication de la plupart des autres formes religieuses. Ainsi l'idée du sacrifice, la conception du culte public, la vénération des morts, l'ensemble des pratiques religieuses agraires et silvestres, tout cela, c'est du totémisme.

Avec infiniment de raison, M. Marillier s'est élevé contre cette place prépondérante et disproportionnée que M. Jevons attribue au totémisme dans le développement religieux. Il y a un très grand nombre de conceptions qui sont absolument réfractaires à cette explication universaliste. Pour établir artificiellement cette unité dans l'histoire des idées religieuses, M. Jevons a dû fausser les faits, et cela même sans hasarder d' " affirmation matériellement inexacte „, mais en choisissant et écartant " de la cause tout ce qui venait déposer contre lui... „

M. Marillier a dénoncé ces accrocs faits par M. Jevons à la méthode scientifique, avec une implacable logique et, ce qui mieux est, avec une parfaite connaissance de faits. Sous ce rapport, M. Marillier fait preuve d'une érudition et d'une sûreté d'information qui inspirent la plus grande confiance en des déductions basées sur une érudition de si vaste envergure et du meilleur aloi.

Les Races de l'Europe. — M. J. Deniker cherche à donner " une répartition géographique des caractères somatologiques dans l'Europe entière, pour dégager l'existence d'un certain nombre de races européennes distinctes (1) „.

Ces caractères sont l'indice céphalique, la taille et la pigmentation. Au point de vue de l'indice céphalique, l'Europe se divise en quatre grandes régions : au nord, on constate une région franchement dolichocéphale avec des enclaves mésocéphales; au sud, c'est-à-dire en Espagne, dans l'Italie méridionale, dans les îles de la Méditerranée occidentale, la Grèce, la Bulgarie et la Transcaucasie, il y a également une région dolichocéphalique. Le centre de l'Europe occidentale est très brachycéphale, tandis que l'est est sous-brachycéphale.

Quant à la taille, il n'y a pas en Europe de races de petite taille ; M. Deniker a trouvé pour la grande taille trois centres de rayonnement, un dans le nord (îles Britanniques-Scandinavie)

livre récent, dans REVUE DE L'HISTOIRE DES RELIGIONS, t. XXXVI, pp. 208-253, 321-369; t. XXXVII, pp. 204-233, 345-404.

(1) L'ANTHROPOLOGIE, 1898, t. IX, no 2, mars-avril, pp. 13-133.

et deux dans le sud (Bosnie-Serbie et Caucase oriental). Il y a de même trois centres de rayonnement de tailles relativement basses : un dans le sud (Espagne et Italie méridionale), un au centre (Pologne-Hongrie), et un autre dans le nord-est (Turco-Finnois) et l'extrême nord (Lapons).

La pigmentation divise nettement les populations européennes en trois zones parallèles : blonds au nord, bruns au sud, intermédiaires au centre.

Il s'ensuit que pour M. Deniker, on peut ramener les diverses variétés des races européennes à six types principaux et à quatre secondaires, c'est-à-dire deux races blondes, l'une dolichocéphalique, de très grande taille (race nordique), l'autre sous-brachycéphalique, relativement petite (race orientale), puis quatre races brunes, deux de petite taille dont l'une (ibéro-insulaire) est dolichocéphale, l'autre (cévennole ou occidentale) est brachycéphale, et deux de grande taille, dont l'une est sous-dolichocéphale (littorale ou atlanto-méditerranéenne), l'autre brachycéphale (adriatique ou dinarique). Parmi les quatre races secondaires, deux (sud-nordique et vistulienne) se rattachent à la race blonde, et les deux autres (sub-adriatique et nord-occidentale) peuvent être considérées comme intermédiaires entre les races blondes et brunes. M. Deniker détermine pour chaque peuple européen le groupe auquel il appartient. Comme il l'indique lui-même, cette nouvelle classification ne va pas, autant qu'on pourrait le croire à première vue, absolument à l'encontre des idées actuellement reçues sur l'ethnogénie européenne, et M. Deniker montre les rapports que son système présente avec ceux de ses devanciers.

Il serait pourtant bien désirable que l'on fût une bonne fois fixé sur la question des races européennes et qu'on se mît d'accord sur la nomenclature qui, à l'heure présente, varie encore d'auteur à auteur.

Les Aryens. — M. Zaborowski a refait l'histoire des diverses opinions que ce problème a suscitées depuis vingt ans (1). Il établit d'abord ce qu'il faut entendre par Aryens, puis il cherche à déterminer le lieu de leur origine. Ces recherches ont eu pour point d'appui les études ethnographiques de certains voyageurs, parmi lesquels il faut signaler surtout M. de Ujfalvy, en Asie

(1) Revue mensuelle de l'École d'Anthropologie de Paris, t. VIII, 1898, pp. 37-63.

centrale. Or, ces recherches n'ont abouti qu'à un résultat purement négatif; on ne trouve, en effet, dans l'Asie centrale que des " restes, des résidus de migrations anciennes, débris refoulés et attardés ".

M. Zaborowski rappelle le résultat des travaux philologiques; il s'attache principalement à ceux de MM. Johann Schmidt et Otto Schrader. L'archéologie, que l'auteur interroge ensuite et l'ethnologie qu'il fait parler longuement, démontrent pour lui que les Aryens se sont formés sur le territoire européen. A en croire M. Zaborowski, les Finnois eurent une part prépondérante dans l'histoire des transformations ethniques de la race aryenne.

M. Zaborowski a repris ailleurs (1) le même sujet. Il a très nettement refait l'histoire des opinions diverses qui, depuis quarante ans, ont été émises sur l'origine des Aryens. Dans cette histoire, il distingue trois phases; la première est caractérisée par la prédominance des déductions linguistiques et par l'importance donnée aux témoignages que l'on croyait fournis par les traditions hindoues et éraniennes.

Dans la seconde phase, les anthropologistes et les préhistoriens entrent en scène. On constate que les Européens ne sont pas des Aryens purs, qu'ils ne sont qu'aryanisés. Pourtant on continue à admettre que les Aryens purs viennent de l'Asie et que leur type est représenté par les Galtchas et les Celtes, et la paléoethnologie qui constate une migration à l'époque du bronze semble favoriser les vues de ceux qui tracent les étapes des Aryens d'Asie en Europe.

Troisième phase. La linguistique déclare n'avoir plus besoin de l'hypothèse d'une langue-mère pour expliquer les relations qui unissent les langues dénommées indo-européennes; elle peut aussi se passer de celle des migrations successives pour expliquer les divergences. Il suffit, pour rendre compte tout à la fois des relations et des divergences, d'admettre qu'il existait, répandus sur un vaste territoire, des dialectes flexionnels apparentés, et certaines considérations rendent probable que ce territoire embrassait la plus grande partie de l'Europe septentrionale avec une partie de l'Asie antérieure. En effet, on constate d'une part qu'il n'existe pas de nom aryen commun pour le tigre, le lion, le chameau et l'âne qui sont indigènes dans l'Asie centrale, ni pour le blé, qui est originaire de la Mésopotamie, tandis que, d'autre

(1) REVUE ENCYCLOPÉDIQUE de Lavayse, nº 237, pp. 246-249.

part, il existe une dénomination générale pour le hêtre, l'orge, le seigle et l'oie, qui sont des produits indigènes en Europe.

Après ce coup d'œil jeté sur les recherches de ses devanciers relativement à la question aryenne, M. Zaborowski signale les résultats d'une enquête personnelle sur le passé historique de la région située au nord de la Mer Noire, du Dniester et de la Caspienne. Pendant toute la durée de l'âge de la pierre, les peuples des rives du Dniester appartenaient à une seule et même race, celle des dolichocéphales néolithiques. On ne signale pas, au nord de la Mer Noire, un seul crâne rond qui soit associé à des restes de l'industrie néolithique. Et pourtant, à cette époque, dans le centre de l'Europe et presque sur les rives de la Seine, les dolichocéphales étaient mêlés, depuis l'âge de la pierre polie, aux brachycéphales, plus petits et bruns, immigrés d'Asie.

De plus, dans le matériel industriel de l'âge de la pierre au nord de la Mer Noire, il n'y a pas la moindre trace d'une influence asiatique. Au contraire, ce matériel est entièrement comparable à celui recueilli à l'ouest, sur les bords de la Baltique même.

Enfin les plantes cultivées, dont on attribuait l'introduction aux Aryens, ont été portées au nord de la Mer Noire, non par des immigrés d'Asie, mais par les Grecs. Le témoignage des anciens est formel sur ce point.

Il résulte de cet ensemble de faits pour M. Zaborowski que nous ne possédons aucune preuve pour affirmer que la civilisation aryenne est d'origine asiatique.

Que faut-il penser de ces arguments ? Ce n'est pas le lieu de reprendre ici la question si débattue de la formation des langues aryennes : nos bulletins ont pour but principal de signaler les opinions scientifiques. On nous permettra cependant une observation. Comme on l'a vu, M. Zaborowski a seulement établi que durant l'âge de la pierre, on ne signale, au nord de la Mer Noire, aucune influence asiatique. Fort bien, mais n'admet-on pas généralement que l'immigration des Aryens d'Asie a coïncidé avec l'âge du bronze ? Peu importe que plus tôt on signale l'arrivée d'émigrés d'Asie dans l'Europe centrale et presque sur les rives de la Seine. Personne n'a jamais soutenu que les migrations aryennes se soient faites d'un coup, et précisément on a toujours enseigné que les Celtes avaient pris les devants.

Quant au troisième argument, il ne faut pas en exagérer l'importance. Les écrivains classiques ont attribué à la Grèce l'honneur de bon nombre d'inventions et d'exportations auxquelles elle est demeurée absolument étrangère.

Les Mongoloïdes en France. — On rencontre, dans certaines régions de France et de Belgique, des individus qui reproduisent d'une façon frappante le type physique des Lapons. M. G. Hervé a recueilli dans les auteurs les témoignages positifs de cette assertion (1) ; de plus, il a cherché à déterminer à quel peuple on pourrait rattacher ces éléments sporadiques du type Mongoloïde. Pour lui, ce type ne serait autre que celui des Celto-Ligures, et sa persistance ne constitue pas " la plus mauvaise preuve à invoquer à l'appui de la théorie ethnogénique qui fait des Celto-Ligures les descendants éloignés des Mongoloïdes ".

Les Hittites. — M. P. Jensen a naguère proposé, dans le tome XLVIII de la ZEITSCHRIFT DER DEUTSCHEN MORGENLANDISCHEN GESELLSCHAFT, un nouvel essai de déchiffrement des inscriptions hétéennes. On s'est montré, dans la science, assez peu enthousiaste à l'endroit de cette théorie. L'auteur reprend, dans un volume qu'il vient de publier (*Hittiter und Armenier*, Strasbourg, 1898), l'ensemble des conclusions linguistiques et ethnographiques qui dérivent de son système d'interprétation.

D'abord, M. Jensen affirme que la forme vraie du nom des Hittites est *Hâtê, Hâti*, ou *Khâtê, Khâti*, en grec Κητίς. C'en est assez pour que, sur cette forme, d'ailleurs tout arbitraire, M. Jensen bâtisse l'identification du nom des Hittites avec celui de *Hay* (pluriel *Haykh*) que portent les Arméniens.

M. Jensen pense que la langue des inscriptions hétéennes est l'arménien du XIe au XIIe siècle avant J.-C. Malheureusement, cette grosse affirmation repose sur des bases peu solides. Elle suppose d'abord que le principe du déchiffrement des inscriptions hétéennes proposé par M. Jensen soit certain. Or, si ce déchiffrement est séduisant, il n'est pourtant qu'une hypothèse. De plus, les textes arméniens que nous possédons n'étant pas antérieurs au Ve siècle après J.-C., il y a plus que de la hardiesse à les rapprocher d'inscriptions séparées d'eux par un intervalle de temps si énorme.

Si l'on entre dans le détail des rapprochements grammaticaux et lexicologiques établis par M. Jensen entre le hittite et l'arménien, là aussi, il y a bien des réserves à faire. M. Meillet (REVUE CRITIQUE, 1898, nos 36-37, p. 142) a remarqué que certaines formes invoquées par M. Jensen " n'indiquent pas plus

(1) REVUE MENSUELLE DE L'ÉCOLE D'ANTHROPOLOGIE DE PARIS, t. VIII, 1898, pp. 201-208.

l'arménien qu'une autre langue indo-européenne „ et que souvent " les mots arméniens auxquels recourt M. Jensen, sont des mots inexpliqués et qui doivent, pour la plupart, être des emprunts à des langues inconnues „.

La religion arménienne favorise assez peu, au premier abord, les déductions de M. Jensen, car les noms du panthéon hittite sont très différents de ceux des Arméniens, empruntés, comme on sait, à l'Éran. Cet obstacle n'arrête pas M. Jensen, et il se tire de l'objection en disant que si les noms des dieux arméniens sont éraniens, le caractère des personnages est fort différent de ceux de la religion mazdéenne. C'est donc que les anciens dieux ont reçu des vocables nouveaux. Il y a ? — qui ne le voit — à ce fait d'autres interprétations tout aussi plausibles, et cela suffit pour que l'objection demeure entière contre la thèse de M. Jensen.

Le dialecte syrien de Ma'lūlā. — L'ancienne langue araméenne a, comme la plupart des idiomes, donné naissance à un certain nombre de dialectes qui subsistent encore aujourd'hui. Ces dialectes, toutefois, n'ont résisté à la domination musulmane qu'au delà de l'Euphrate, à l'exception de quelques villages au nord-est de Damas. Le principal de ces villages est celui de Ma'lūlā. On explique la conservation d'un dialecte syrien dans ce district par les conditions géographiques de la région, qui offrent toute sécurité contre toutes sortes d'invasions.

Le dialecte de Ma'lūlā se rapproche du syriaque palestinien, et il représente les restes les plus considérables que nous en possédions. Il y avait donc quelque intérêt à étudier ce curieux idiome. Chargé par le gouvernement français d'une mission en vue d' " augmenter le vocabulaire et les textes rédigés dans cette langue, et en même temps de recueillir et de contrôler sur place les traditions locales touchant l'origine des populations parlant ce dialecte „, le R. P. Dom Parisot vient de faire paraître une intéressante étude sur le dialecte de Ma'lūlā (1).

Dans une longue et érudite introduction, il refait l'histoire des phases diverses que l'histoire du syriaque et de ses dialectes a dû subir; puis il fournit, au sujet de l'idiome de Ma'lūlā, toutes les données qu'il a pu recueillir sur l'origine, la conservation, la nature et l'usage de ce dialecte.

Abordant ensuite directement l'objet proposé de ses recherches, il étudie la grammaire du Ma'lūlā dans sa phonétique et ses

(1) JOURNAL ASIATIQUE, IXe série, t. XI, 1898, pp. 239-312.

particularités lexigraphiques, surtout dans ses pronoms. Suivra sans doute un essai de comparaison du vocabulaire maloulien avec le dictionnaire syriaque.

Le travail du R. P. Parisot ne rendra pas seulement service aux syriacisants dont il rajeunit les études en leur ouvrant la porte d'un domaine qu'ils croyaient ne pas exister pour eux, mais il a une grande importance au point de vue de l'étude comparée des langues sémitiques.

Le monument chrétien de Si-ngan-Fou. — La vaste littérature relative à ce curieux monument vient de s'enrichir de deux travaux importants, qui ont paru presque en même temps, et d'une façon indépendante l'un de l'autre; l'un est dû au R. P. J. Ev. Heller (1), l'autre a pour auteurs le R. P. Gueluy, ancien missionnaire en Mongolie et Mgr Lamy, professeur à l'Université de Louvain.

Après avoir fourni très copieusement la bibliographie de tout ce qui a déjà paru sur ce sujet, le P. Heller refait l'histoire de la découverte et résume les interprétations qui ont été données de l'inscription. Puis il reprend lui-même le déchiffrement du monument, dont il commente mot pour mot tous les termes.

Le travail du R. P. Heller vaut surtout au point de vue historique, bibliographique et philologique. On trouvera dans celui du P. Gueluy de curieux et inédits détails sur le monument lui-même, notamment sur la croix qui le surmonte. Elle n'est pas, comme on pourrait le penser, le symbole du supplice du Christ; elle est un signe de ralliement pour des doctrines communes. Les explications que donne à cet égard le R. P. Gueluy sembleront un peu subtiles, et il n'est pas certain qu'elles ont toujours rencontré la pensée des auteurs et des moines qui signèrent l'inscription et qui, comme l'auteur le remarque justement, en savaient plus long.

Mgr Lamy s'est occupé, d'une façon très minutieuse, de la partie syriaque du monument. Il en établit le caractère nestorien, en fixe la date d'après toutes les données chronologiques concordantes, puis cherche à établir l'identité des soixante-dix signataires de l'inscription.

Il y a, tant dans le travail du P. Heller que dans celui du P. Gueluy et de Mgr Lamy, une reproduction phototypique du monument. Dans celle que donnent les auteurs belges, les carac-

(1) *Das Nestorianische Denkmal in Singan fu.* Budapest, 1897.

tères sont presque illisibles, tandis qu'ils ressortent nettement dans celle qui accompagne le travail du P. Heller.

Les Castes de l'Inde. — Nous avons signalé jadis le travail de M. Senart sur ce sujet (1). Depuis lors, M. R. Fick a signalé pour la solution de ce problème certains faits (2), restreints, il est vrai, à la région du nord-est de l'Inde et à l'époque du Bouddha.

M. Oldenberg remarque très à propos que les éléments fournis par M. Fick ne sont pas nouveaux et que M. Senart aurait dû en tenir compte (3). Aussi prend-il occasion de la publication de M. Fick pour formuler, sur la thèse de M. Senart, certaines réserves. Ces réserves ne portent pas sur la détermination des castes actuelles. M. Oldenberg convient qu'il n'était pas possible de les décrire plus parfaitement que l'a fait M. Senart. La controverse porte sur la situation des castes aux premiers temps de l'histoire des Hindous. M. Senart a caractérisé dans les termes suivants le passage du passé au présent dans le régime des castes : " Souvenirs du passé et du présent se fondirent dans un système hybride; le régime vivant des castes s'encadra dans de vieilles divisions de races et de classes qui furent démarquées à cet effet. „

M. Oldenberg pense aussi que vouloir trouver toute l'explication du passé dans le présent, comme l'a fait M. Senart, est une entreprise qui ne manque pas de hardiesse, et il signale certaines données qui s'opposent absolument à pareille méthode. Il y a, en effet, dans des textes formels de livres anciens, des témoignages précis, qui rendent superflues d'hypothétiques reconstructions du passé par le présent. M. Oldenberg reste persuadé que, pour ardue qu'elle soit, l'étude des sources et des textes de l'ancienne littérature sera la voie la plus sûre pour arriver à se rendre exactement compte des mœurs, des institutions et de la civilisation de l'Inde ancienne.

J. G.

(1) Rev. des Quest. scient., 2e Série, t. XI, p. 682-3.

(2) *Die sociale Gliederung in nordöstlichen Indien zu Buddha Zeit.* Kiel, 1897.

(3) *Zur Geschichte des indischen Kastenwesens*, dans Z. d. d. m. G. 1898, t. LI, pp. 267-290.

GÉOLOGIE

—

Existence de sources thermales paléozoïques en Pensylvanie. — M. Wieland (1) étudie l'origine de certains cailloux curieux de Chalcédoine et établit que leurs caractères démontrent à l'évidence la présence de sources thermales siliceuses dans la région où on les trouve. Dans le comté de Center, en Pensylvanie, on connaissait déjà un endroit où, sur une surface d'un mille carré, on trouvait de remarquables oolithes siliceuses dans l'étage appelé " Calciferous series ". Des observateurs avaient déjà rapporté la formation de ces oolithes à des geysers siliceux. M. Wieland, par l'étude des cailloux chalcédonieux, montre que cette opinion est absolument fondée. Ces cailloux ont, en effet, une structure tout à fait particulière dont il serait difficile de donner une idée sans un dessin. Cette structure s'explique parfaitement bien, si l'on considère ces cailloux comme des fragments de la bordure annulaire entourant l'orifice d'un geyser et composés des matières siliceuses déposées de ses eaux. En effet, intérieurement ces fragments montrent une texture feuilletée par suite de l'existence de plans de clivage. Ceux-ci délimitent sans nul doute les couches successives de dépôt. La surface supérieure des fragments montre une disposition en gradins à marches arrondies. Dans le creux de chaque gradin aboutit un plan de clivage. Il est donc éminemment probable que ces gradins arrondis ne sont que les bourrelets terminant extérieurement chaque couche de dépôt de matière siliceuse. En réunissant par la pensée ces fragments, on a une espèce de cuvette en entonnoir au centre et qui ressemble bien à l'orifice des geysers actuels.

Découverte de fer natif dans le houiller du Missouri. — M. Allen (2) décrit des découvertes qui engageront certes davantage les géologues à être très réservés avant d'affirmer l'origine cosmique d'échantillons de fer natif trouvés sur notre globe. Dans trois circonstances différentes, en forant des puits on a rencontré des couches ou des poches de fer natif dans le houiller. Dans le premier cas, une couche de fer se trouvait inter-

(1) AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE AND ARTS, octobre 1897, n° 22.
(2) IBIDEM, août 1897, n° 20.

calée avec une puissance de quelques pouces dans un grès calcarifère. Dans les deux autres cas, le fer se trouvait dans une argile interstratifiée dans des grès avec couches minces de charbon impur. Dans tous les cas, le fer se trouvait à une profondeur de plusieurs mètres. A leur sortie des puits, les échantillons de fer n'étaient que peu ou pas rouillés. Leur titre en fer variait de 97 à 99 p. c. avec un peu de phosphore et de matières carbonées sans aucune trace de nickel, comme dans les fers météoritiques. Ce fer était extrêmement malléable et souple.

Anomalies magnétiques dans le Sud de la Russie (1). — Dans le gouvernement de Koursk, M. Th. Moureaux a observé que les éléments magnétiques subissent de profondes déviations. Il a étudié, près de la ville de Bielgorod, trois centres principaux d'anomalies dont la distance totale ne dépasse pas 27 kilom. Dans le premier centre, ayant à peine 4 kilom. carrés, la déclinaison varie de — 34° à + 96°, l'inclinaison de 48° à 79°. La composante horizontale de l'intensité magnétique atteint 0,59, alors que le maximum normal, à l'équateur, n'est que de 0,40. Cet exemple peut donner une idée de l'importance des anomalies. Un grand nombre de centres d'anomalies ont été observés dans le même gouvernement. Rien à la surface du sol ne décèle l'origine de ces déviations. La surface est peu accidentée, la constitution géologique est simple et connue. On peut seulement signaler que la région est à la ligne de partage de trois grands bassins hydrographiques.

Comme conclusion pratique, le gouvernement provincial a voté des fonds pour forer un sondage destiné à rechercher si un gîte de minerai de fer n'est pas la cause de ces anomalies.

Loi de formation des vallées transversales dans les Alpes occidentales. — Dans les plissements, on a remarqué, dans les Alpes, perpendiculairement au plissement principal, une deuxième série d'ondulations à courbure plus évasée que celle du plissement principal. En observant ce qui se passe dans un grand nombre de vallées de la région, M. Lugeon (2) a constaté que ce fait est en rapport intime avec la localisation des vallées transversales. Ainsi, dans la vallée du Rhône, entre Martigny et le Leman, on voit l'axe d'un pli des-

(1) La Nature, 5 février 1898, p. 155.
(2) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, n° 14, 1897, p. 785.

cendre progressivement en approchant de la vallée avec une pente de 20 °/o pour se relever de l'autre côté de la vallée avec une pente de 66 °/o. Pour le Rhône, cet abaissement se fait de moins en moins sentir d'aval vers l'amont. Ayant constaté le même phénomène dans un grand nombre de vallées, M. Lugeon croit pouvoir en déduire la loi suivante : " Les vallées transversales des Alpes occidentales occupent l'emplacement d'un synclinal transversal au plissement normal des régions considérées. "

Lorsque cette règle subit des exceptions, celles-ci, comme dans la vallée du Cheran, peuvent mettre en relief l'âge de formation différent des plissements.

Variation en profondeur des roches diamantifères du Cap. — M. de Launay (1), après avoir brièvement rappelé les conditions géologiques des anciens gîtes diamantifères du Cap, développe les résultats d'une étude pétrographique et chimique des roches éruptives qu'on y trouve. On y voit que les roches de plus en plus anciennes sont de plus en plus pauvres en silice et riches en bases, surtout en magnésie, qui passe du simple au quintuple. Il croit qu'on peut en déduire la preuve de la cristallisation du diamant en profondeur dans un bain de fonte magnésienne incomplètement scorifiée. Celle-ci aurait été consolidée brusquement par l'action d'eaux superficielles avec explosion soudaine, ayant provoqué l'ascension de la masse et la pulvérisation qui lui donne son aspect bréchiforme. Cette brèche est, d'ailleurs, composée de matériaux hétérogènes provenant des parois de sa cheminée et qui ont été remontés de 150 à 300 mètres plus haut que la couche dont ils proviennent. Comme on commence actuellement à rencontrer des fragments de granite dans la brèche diamantifère, on peut prévoir que bientôt on atteindra le soubassement granitique des couches de Karoo.

Histoire du sol lunaire (2). — MM. Loewy et Puiseux apportent une importante contribution à l'étude si controversée du sol lunaire, par l'examen des faits que suggère la vue des photographies du nouvel atlas publié par l'Observatoire de Paris. Ils distinguent quatre phases dans l'histoire de ce sol. Dans la

(1) COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, nº 5. 2 août 1897.
(2) IBIDEM, nº 22, mai 1897.

première phase, l'aire encore douée d'une certaine plasticité aurait vu se former les bourrelets et les sillons rectilignes si caractéristiques de la surface de la lune. Dans la deuxième phase, on voit se former des massifs montagneux sous l'action de phénomènes de soulèvement agissant sur des aires étendues. Ce type spécial de région lunaire est peu caractéristique, ayant été fréquemment oblitéré dans la suite. Dans la troisième phase, on voit apparaître les cirques. Et enfin la quatrième, la plus grandiose, nous montre des phénomènes d'affaissements provoquant la formation des vastes régions que l'on appelle mers et faisant refluer à la surface d'énormes amas de laves.

Un lac à 3500 mètres d'altitude (1). — Les recherches des membres d'une société géologique de Portland (Orégon), ont fait mieux connaître au monde savant une curiosité intéressante passée presque inaperçue. C'est un lac situé dans la chaîne des " Cascade Range " et qui remplit l'orifice d'un ancien cratère de volcan non encore complètement éteint, à en juger d'après la température élevée que possèdent les eaux au fond du lac. Celui-ci n'a pas moins de 10 kilomètres de long sur 6 de large. Il présente à l'intérieur plusieurs petits cônes adventifs. Sa profondeur atteint près de 600 mètres, et il possède une faune assez variée.

Structure de la glace et mouvement des glaciers. — M. von Drygalski avait été envoyé il y a quelques années au Groënland par la Société de géographie de Berlin, pour étudier les phénomènes glaciaires. Le résultat de ses travaux, qui vient de paraître (2), apporte une très importante contribution à l'étude de ces phénomènes. Ce qui est plus particulièrement intéressant, c'est que la cause généralement admise de la progression des glaciers, la pente du sol, semble, d'après les recherches de M. von Drygalski, perdre l'importance qu'on lui attribuait. Les facteurs de cette progression, qui peut se produire sur un sol horizontal, sont les différences d'épaisseur et de pression qui existent dans les glaciers et qui déterminent les changements moléculaires dans la glace voisine du point de fusion. Pour prouver ce fait, M. von Drygalski cite des glaciers dont la pente est forte et qui ne progressent que de $0^{m},15$ par jour, tandis que

(1) Ciel et Terre, 16 septembre 1897.
(2) Ibidem, 16 mai 1898.

d'autres, moins inclinés, progressent de 20 à 30 mètres. Voici quel serait le mécanisme de l'avancement. Près du fond d'un glacier, la température doit être voisine du point de fusion. L'eau liquide est chassée vers les endroits où la pression dans le glacier est moindre par suite d'une épaisseur plus faible. Là elle se congèle de nouveau et remplit les vides, en émettant de la chaleur par sa solidification. Cette chaleur provoque de nouvelles fusions et le phénomène se propage vers l'aval. Les fusions locales entraînent des affaissements qui se transforment en mouvements horizontaux, quand le tassement ne peut plus augmenter. Si petites que soient les actions mises en jeu, elles vont toujours en s'ajoutant et finissent par entraîner la masse.

Pour que le phénomène continue, il suffit qu'au bout du glacier il y ait une pente permettant à l'eau qui se produit là par fusion, de s'écouler pour faire place à celle qui provient d'amont. Dans les parties hautes du glacier, la pente n'est pas nécessaire.

M. von Drygalski a aussi confirmé par ses recherches ce que l'on savait de la structure de la glace des glaciers. Cette glace est en grains et, dans les parties profondes du glacier, les grains sont plus gros, plus nourris et sont orientés. Il y a donc eu recristallisation sous pression, ce qui concorde avec ce qui est dit plus haut de la marche des glaciers.

L'éboulement de St-Pierre-de-Livron (1). — Le village en question a été, il y a quelque temps, le théâtre d'un éboulement assez désastreux. Des renseignements qu'on lui a fournis, M. Martel croit qu'on peut tirer les déductions suivantes : Le village est bâti sur des terrasses de tuf formées au pied des Causses par le dépôt d'anciennes sources inconstantes. On a reconnu que le tuf était très caverneux, et que l'eau des sources pouvait s'infiltrer sous la masse du tuf et le dissoudre. De plus, l'hiver avait été très pluvieux, et on s'était livré à une exploitation inconsidérée du tuf, ce qui avait compromis la solidité du talus naturel de la masse de tuf.

Beaucoup de villages de la grande région calcaire du Sud de la France étant absolument dans les mêmes conditions géologiques, cet accident peut leur servir d'avertissement.

X. STAINIER.

(1) COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 1897.

GÉOGRAPHIE

—

Rivalité commerciale de l'Angleterre et de la Russie en Asie centrale (1). — Les Russes font des efforts pour détourner vers Batoum, au détriment de Bombay, l'exportation du thé chinois. En ce moment il n'y a point péril pour la Grande-Bretagne, car le trajet des ports du céleste empire à la Mer Noire est trop considérable. Mais la situation sera différente, dès que le transsibérien aura été relié au transcaspien au moyen d'un tronçon allant de Samarcand à Taschkend, et de Taschkend à Omsk (c'est la distance de Calcutta à Caboul), et qu'on aura construit l'embranchement de Merv à la frontière afghane. Les Anglais savent fort bien que l'achèvement du transsibérien est le grand souci des Russes ; mais, en gens bien avisés, ils veillent et songent à l'avenir. Aussi veulent-ils utiliser la nouvelle route commerciale vers la Perse dont nous allons parler.

Jusqu'à présent, les marchandises chinoises en destination du Khorassan et de la Perse orientale passaient par Bombay ou Kurrachee pour atteindre le Golfe persique ; de là elles étaient dirigées sur Bender-Abbas et Méched. C'était un trajet terrestre de 966 milles, soit 46 marches, que les chameaux accomplissaient en 75 ou 90 jours. La nouvelle route, le long de laquelle on a construit des puits et des stations, part de Quettah et atteint Méched après une étape de 1092 milles, soit 53 marches. Jusqu'à la frontière du Séistan, c'est-à-dire sur une longueur de 600 milles à compter de Quettah, le chemin est soumis au contrôle britannique, et les caravanes n'ont à craindre ni exactions, ni manque de vivres. Bien que la route soit de 126 milles plus longue que celle de Bender-Abbas, le voyage ne dure que deux mois ; beaucoup d'inconvénients ont été supprimés.

On dit aussi que les marchands de Peshawer, se rendant à Bokhara, sont disposés à importer par cette voie le thé indien. Si ces expériences réussissent, le commerce des Indes britanniques prendra de l'extension dans le Khorassan et dans la Perse orientale, où viendront se heurter bientôt les intérêts rivaux des deux grandes puissances asiatiques.

(1) Bull. de la Soc. comm. de Paris, 1898, pp. 81-83.

La mission Gentil au lac Tchad (1). — Cette mission a quitté la France en avril 1895, emportant un petit vapeur démontable, le *Léon Blot*. Arrivée au Congo français, elle remonta l'*Ubangi* jusqu'à Ouadda, où elle arriva le 24 novembre 1895; puis elle s'embarqua sur la *Kemo*. C'est presque l'itinéraire de la mission Maistre entre le Congo et le Chari. M. Gentil établit le poste de Krebedgé, sur la *Tomi*, principal affluent de la Kemo, par 5° 46' lat. N. En avril 1897, il s'installa définitivement sur la *Gugu*, affluent du *Gribingui*, par 7° lat. N. et 16° 40' long. E. de Paris.

Grâce au *Léon Blot*, il put descendre le Gribingui et le Chari et faire flotter le pavillon français sur les eaux du Tchad, le 1 novembre 1897. A l'embouchure du Chari se trouve un fouillis inextricable d'îles; de la terre ferme on n'aperçoit que des herbes, des joncs ou des papyrus, seuls végétaux du lac; sur le lac même on ne peut se procurer du bois à brûler; il s'en trouve, il est vrai, à courte distance, sur les rives du Chari.

Les résultats géographiques de l'expédition Gentil sont importants. Un itinéraire complet de Ouadda au Tchad comprenant le cours presque entier du Gribingui et du Chari; la découverte de l'embouchure du *Ba N'Gorou*, du *Bakari* et d'une rivière qui communique avec le *Bahr Salamat*; la reconnaissance du *Bahr Erguieg* ou *Ba M'Bassou* (Ba Hin des cartes) jusqu'à Maggi; la détermination des branches principales du Chari et la quasi certitude que le *Logone* n'est qu'un bras de cette rivière, tandis que le Gribingui n'est qu'un de ses affluents. A son confluent le Gribingui ne compte pas entre ses rives 70 mètres, tandis que le Chari a trois fois plus de largeur et beaucoup plus de profondeur.

L'expédition rapporte aussi d'assez bonnes observations astronomiques et de nombreuses notes sur les habitants et l'histoire du pays. Enfin les résultats politiques sont parfaits; le sultan du Baghirmi a accepté le protectorat français.

La rivière Wôm (2). — M. Clozel, qui a découvert ce cours d'eau en décembre 1894 (3), en a fait un affluent du Logone.

(1) C. R. DES SÉANCES DE LA SOC. DE GÉOGR. DE PARIS, 1898, pp. 236-241, d'après une lettre de l'explorateur datée de Gribingui, 5 décembre 1897, et publiée dans le TEMPS, 27 mai 1898.

(2) Dr Herr, C. R. DES SÉANCES DE LA SOC. DE GÉOGR. DE PARIS, 1898, pp. 241-244 avec 2 croquis.

(3) BULL. DE LA SOC. COMM. DE PARIS, t. XVII, 1895.

S'appuyant sur le voyage récent de M. Perdrizet, chef d'exploration au Congo français, M. Wauters (1) l'identifie avec l'*Ombela*, qui se jette dans l'Ubangi aux Ouaddas, en amont de Bangui. M. le Dr Herr, qui a battu le pays et s'est entretenu avec M. Perdrizet, ne sait pas se rallier à l'opinion de M. Wauters. Sans doute le Wôm n'est pas la source du Logone ; sans doute il suit quelque temps la direction nord-est, puis il tourne à l'est et au sud-est. Mais cette direction sud-est, sur laquelle M. Wauters appuie le remaniement de sa carte, et que la rivière suit sur une trentaine de kilomètres à peine, ne semble qu'un accident momentané dans son cours ; le Wôm reprend bientôt une direction franchement orientale qu'il conserve jusqu'au point terminus du levé de M. Perdrizet (15° long. E. de P., 6° 15′ lat. N.). A ce point le cours d'eau avait 150 mètres de large et 2 mètres de profondeur ; on était en juin, à l'époque des plus basses eaux. Or la rivière Ombela, de l'avis de MM. Ponel, Brunache et Briquez, est peu importante. Vers la fin de septembre, donc au plus haut étiage, sa largeur n'était que d'une soixantaine de mètres. Ce fait ne permet-il pas d'écarter l'identité de l'Ombela et du Wôm ?

M. Herr propose une autre solution, à laquelle M. Wauters se rallie (2). Après avoir coulé de l'est à l'ouest, l'Ubangi s'infléchit subitement vers le sud, à la station des Ouaddas. Ce changement de direction, représenté par un angle de 90°, ne peut avoir pour cause qu'un sérieux obstacle. Impossible que ce soient les monts *Karé*, placés par M. Wauters à la limite des bassins du Congo et du Tchad ; ces monts ne se prolongent pas très loin vers l'est et semblent les contreforts les plus orientaux du massif du *Bouda-Ndjidda*. D'où cette hypothèse pour le cours du Wôm. Trouvant devant elle le barrage des monts Karé, la rivière se précipite vers l'est, jusque 14° 30′ long. E. de P. A ce niveau elle rencontre la masse qui a fait dévier l'Ubangi et est rejetée vers le nord, où les monts Karé, très réduits comme importance, cessent d'être une barrière infranchissable. Le Wôm prend alors parallèlement à la Nana la direction nord-nord-ouest, et va former ou grossir le *Bahar Sara*, que Maistre traversait à Garenki.

(1) Mouv. Géogr., 1898, coll. 217-218 et 1 croquis.
(2) Ibidem, 1898, col. 352.

La mission Bonchamps en Abyssinie (1). — Cette mission avait été organisée en janvier 1897 pour porter secours au capitaine Marchand, ou mieux, pour couper la route aux expéditions anglaises de l'Uganda et assurer des droits à la France sur une partie de la vallée du Nil. Elle est revenue en France en juin 1898, sans avoir atteint son but. En revanche, elle a rapporté des renseignements géographiques intéressants sur la région comprise entre l'Abyssinie proprement dite et le *Sobat*, gros affluent du Nil.

Le plateau abyssin se termine brusquement à l'ouest par une ligne de falaises dominant de plus de 1000 mètres la grande plaine du Nil; cette plaine s'étend à perte de vue et n'est coupée que par quelques puissants cours d'eau qui convergent vers le grand fleuve égyptien.

Le bord occidental du plateau se trouve à plus de 600 kilomètres de la capitale Addis-Ababa. C'est le dédjaz Thessama, établi à Goré, qui est chargé de la défense du pays. A l'ouest de Goré, le plateau éthiopien s'abaisse vers le *Baro*, l'une des branches principales du Sobat, le grand affluent de droite du Nil blanc.

Bouré, sur le plateau abyssin, à 60 kilomètres au nord-ouest de Goré et à 50 kilomètres du Baro, est un centre commercial fréquenté par les nègres de la vallée du Sobat. Bouré est à l'altitude de 1800 mètres ; une passe mène dans la plaine du Sobat, située 1300 mètres plus bas.

Deux affluents de gauche du Baro, l'*Alonorou* et le *Guilo* large de 120 mètres, prennent leurs sources dans le plateau du *Motcha*, entre l'Éthiopie et le lac Rodolphe. En avant de ces affluents se déroule une plaine immense, longue de 200 kilomètres à peu près, marécageuse et déserte.

Au point de confluence du Baro avec le Juba ou Sobat supérieur, se trouve un grand lac bordé de marais. A la fin de novembre, le Juba a 150 mètres de largeur, une profondeur considérable et un courant violent. A la latitude de Bouré, le Baro, aux hautes eaux, a le courant impétueux du Rhône. Le long de sa rive gauche court une sorte de digue naturelle fournie par les sédiments qu'il dépose. Les dimensions du Baro sont quadruples de celles du Juba.

(1) Rev. franç. de l'Étrang. et des Colonies, 1898, t. XXIII, pp. 480-484 ; — C. R. des Séances de la Soc. de Géogr. de Paris, 1898, pp. 306-308 et 1 croquis.

Sauf Bottego, aucun Européen n'avait pénétré dans l'espace compris entre la frontière abyssine et Deig sur le Juba. Tout en faisant connaître le Baro, M. Bonchamps nous révèle le Sobat supérieur, dont Junker a étudié le cours inférieur jusqu'à Nasser.

Les ports de Hambourg et de Brême (1). — Hambourg et Brême tiennent le premier rang parmi les ports allemands. Leur situation surtout leur vaut cet avantage. Hambourg se trouve à cheval sur l'Elbe. Ce fleuve le met en communication d'un côté avec la mer, distante d'une centaine de kilomètres, d'autre part, grâce aux canaux qui viennent aboutir à ses rives, avec la plus grande partie de l'Allemagne et une partie de l'Autriche. Les voies ferrées apportent aussi un important trafic.

A son embouchure, l'Elbe a assez de profondeur pour recevoir les navires du plus grand tirant d'eau; ils peuvent remonter jusqu'à la rade de Brunshausen, à 30 kilomètres de Hambourg. A Gluckstadt, à 70 kilomètres en amont de l'embouchure, la profondeur est supérieure à celle de n'importe quel fleuve européen. C'est près de Gluckstadt, à Brunsbuttel, que débouche le canal de la Baltique, profond de 9 mètres; en face, à Cuxhaven, enclave hambourgeoise, se trouve un port de marée de 8 mètres de profondeur à marée basse, et de $10^{m},80$ à marée haute.

Grâce à sa situation privilégiée, la ville libre de Hambourg a vu augmenter son commerce dans de notables proportions. Durant les trente dernières années, le jaugeage des navires a passé de 1 200 000 à 6 228 000 tonnes en 1894; les marchandises exportées de Hambourg pour l'intérieur par bateaux fluviaux ont monté de 330 000 à 2 400 000 tonnes. Hambourg est devenu le premier port du *continent;* en 1894, Anvers n'accuse que 5 002 000 t., Rotterdam 4 143 500 t., le Havre 2 860 500 t., Brême 2 172 000 t.; cette même année, le port de l'Elbe battait Liverpool et n'était distancé que par Londres, dont le mouvement était de 10 834 navires et 8 301 000 tonnes.

La majeure partie du port de Hambourg est réservée au *port libre* d'une étendue de 1000 hectares. Les quais ont un développement de 16 à 17 kilomètres; les hangars et entrepôts couvrent 175 640 mètres carrés.

En 1895, Hambourg a vu entrer par mer 9443 navires jaugeant

(1) Paul Barré, REV. FRANÇ. DE L'ÉTRANG. ET DES COLONIES, 1898, t. XXIII, pp. 98-102.

6 254 500 t. de registre; en 1896, 10 447 navires et 6 445 000 t.(1); il en est parti 9446 jaugeant 6 279 700 t. et, en 1896, 10 371 navires et 6 300 000 tonnes. La valeur de l'importation par mer est estimée en 1895 à 1 661 433 000 marcs, et en 1896 à 1 173 071 000 marcs; celle de l'exportation par mer respectivement à 1 336 773 290 marcs, et à 1 439 210 000 marcs. " Si l'on ajoute les arrivages et départs par l'Elbe supérieur (soit 28 485 bateaux fluviaux en 1895, et 31 833 en 1896, valant 841 824 005 marcs en 1895, et 954 805 000 en 1896) et en outre les arrivages par voie ferrée, on arrive, pour 1895, à un mouvement commercial total représentant 5 402 111 000 marcs et, pour 1896, 5 795 194 000 marcs. En somme, la valeur des marchandises entrées et sorties de Hambourg est de sept milliards de francs... "

La flotte maritime de Hambourg ne comprenait, en 1845, que 223 navires jaugeant 42 802 t.; ce nombre montait, en 1880, à 491 navires avec 244 280 t.; en 1885, à 650 navires avec 644 800 t.; en 1896, à 673 navires et 680 000 tonnes. Le port de Hambourg est surtout fréquenté par le pavillon anglais. Mais en 1896, c'est le pavillon allemand qui a enlevé la première place avec 2 914 000 t., contre 2 734 500 t. aux Anglais.

Malgré ses douze bassins et les nombreux mouillages établis le long de pieux (ducs d'Albe) en pleine mer, l'outillage de Hambourg est insuffisant. Aussi va-t-on construire douze nouveaux mouillages et trois grands docks à Kuhwader (rive gauche de l'Elbe).

Brême ne jouit pas de la même situation privilégiée que Hambourg. Ici pas d'artère fluviale, si recherchée par le commerce pour la modicité des prix de transport, mais de nombreuses lignes ferrées. Et cependant Brême est en progrès.

En 1895 et en 1896, les importations ont été respectivement de 806 306 000 et 821 473 000 marcs, les exportations de 765 852 000 et 809 365 000 marcs; l'exportation totale de l'Allemagne a été, en 1895, de 3 318 000 000 de marcs. Les importations de Brême proviennent surtout de l'Empire allemand (287 635 000 marcs) et des États-Unis (228 174 000 marcs). Les exportations brêmoises sont dirigées pour plus de la moitié sur l'Empire allemand (425 338 000 marcs en 1895) et sur les États-Unis d'Amérique (141 000 000 de marcs).

(1) En 1896, le port d'Anvers a reçu 4958 navires, et 5110 en 1897; la jauge totale pour ces deux années a été respectivement de 5 820 669 t. et 6 182 748 tonnes.

Les importations à Brême consistent surtout en coton, laine, tabac et cigares. Les exportations portent principalement sur ces mêmes articles; ils ne font que traverser Brême qui leur sert de port de transit.

Chose curieuse, la part du pavillon français va de plus en plus en diminuant dans le commerce avec les ports allemands, tandis que les ports français sont de plus en plus fréquentés par les navires allemands qui enlèvent le frêt. De 1891 à 1896, le tonnage du port de Hambourg a augmenté de 700 000 tonnes, à l'entrée; celui de Dunkerque et du Havre, les deux principaux ports du Nord de la France, a diminué au contraire de 20 000 et de 34 000 tonnes. La cause? défectuosités de l'outillage des ports français et décadence de leur marine marchande; progrès des ports et de la marine allemande.

Des bouches du Zambèze à l'embouchure du Congo (1). — M. Édouard Foa a été chargé, par M. le ministre de l'Instruction publique de France, d'une mission scientifique ayant pour but l'étude de l'histoire naturelle et de l'ethnographie de la région des Grands Lacs au centre de l'Afrique équatoriale. Il s'est embarqué en France en juillet 1894, accompagné de MM. Bertrand et de Borelly; le 20 août 1894, il quittait Chinde, à l'embouchure du Zambèze, et le 13 novembre 1897, il débouchait à l'Atlantique. La première année, les explorateurs parcoururent dans tous les sens les régions du moyen Zambèze qui avaient déjà été battues: mais, en 1895, ils se trouvèrent devant l'inconnu; on fit la reconnaissance du massif montagneux du *Haut Kapotché*, on suivit le cours de cette rivière et on la plaça sur la carte, ainsi que le *Haut Tchiritsé* et le *Haut Mavoudzi*, affluent et sous-affluent du Zambèze.

Un autre tributaire important du Zambèze, c'est l'Aroangua. Il a sa source sur le plateau Nyassa-Tanganyika, dans des rochers voisins du Mont Maringa; il conflue un peu au-dessus de Zumbo (30° 19′ 12″ long. E. de Gr.; 15° 38′ 19″ lat. Sud; 367 mètres d'altitude). L'Aroangua est poissonneux et habité par l'hippopotame. On rencontre dans la vallée le lion et l'éléphant. C'est une voie de pénétration excellente pour atteindre le plateau Nyassa-Tanganyika.

(1) C. R. des Séances de la Soc. de Géogr. de Paris, 1898, pp. 103-130 et une carte; — Bull. de la Soc. de Géogr. de Paris, 1898, pp. 109-141.

Le Nyassa est un des points les plus intéressants du bassin du Zambèze. M. Foa a parcouru le lac en canonnière et il est d'avis que la carte devra être sensiblement remaniée. Le Nyassa est juché à l'altitude de 507 mètres; il est large de 60 milles ou de 90 kilomètres et long de 300 milles ou de 500 kilomètres; c'est presque la moitié de la longueur de la France. Au nord-ouest sont les premiers gradins du plateau Nyassa-Tanganyika. L'ascension est très pénible aux porteurs, et à partir de Karonga, situé à l'altitude de 514 mètres (33° 56′ 27″ long. E. Gr.; 9° 56′ 29″ lat. S.), elle est continue pendant trois jours; on passe par des points situés à 1600 et à 1700 mètres au-dessus du niveau de la mer, mais l'altitude moyenne du plateau est de 1400 mètres; du Nyassa au Tanganyika on compte 330 kilomètres.

M. Foa a parcouru tout le plateau et en a relevé l'hydrographie; parmi les cours d'eau qui le sillonnent il signale notamment le *Chambezi;* il se grossit à sa rive gauche de la *Tchozi* (1180 mètres d'altitude, 0° 42′ lat. S., et 31° 35′ 40″ long. E. de Gr.); puis il se jette dans le Benguélo et en *ressort* sous le nom de Luapula; nous disons en *ressort*, parce que le Benguélo n'est alimenté que par cette rivière. Le Chambezi supérieur se trouve d'ailleurs à une altitude moyenne de 1000 mètres, tandis que celle du haut Luapula ne dépasse pas 750 mètres. L'idée que le Congo avait ses sources dans ces parages, n'est pas de M. Foa, tout le monde le sait; mais à lui revient l'honneur de les avoir vues, reconnues et portées le premier avec précision, sur les cartes, et d'avoir substitué à un vague pointillé tout un réseau de rivières et de petits cours d'eau.

Le Tanganyika a l'aspect encore plus imposant que le Nyassa. Si ce dernier éveille en certains endroits l'idée d'une mer, et même d'une mer houleuse, en revanche la contemplation du Tanganyika donne absolument l'illusion de l'océan.

Cette grande nappe d'eau, que M. Foa a sillonnée en boutre pendant vingt-cinq jours, se trouve à l'altitude de 790 mètres; elle est longue de 800 kilomètres, large de 180 kilomètres et entourée de tous côtés de géants de granit, mais surtout au nord, où commence cette énorme ramification qui comprend le *Ruwenzori*.

Du Tanganyika l'expédition marcha vers le Congo en traversant le Manyéma; comme l'Urua, c'est un pays accidenté, montagneux et difficile. Puis on descendit le majestueux fleuve de Nyangoué jusqu'au Stanley Pool, soit une distance de 2400 kilo-

mètres environ. Le parcours est fort monotone. Toujours la forêt équatoriale, toujours les mêmes dômes sombres de verdures, les mêmes arbres enlacés de lianes.

Pendant son avant-dernier voyage dans la région Nyassa-Tanganyika, M. Foa avait rencontré de nombreux convois d'esclaves; cette fois il n'a vu qu'une seule caravane, près du lac Benguélo. Le même progrès ne se remarque pas encore dans les mœurs des tribus. Chez les Aouembas par exemple, peuplade énergique qui habite le plateau, on mutile les coupables, et les sacrifices humains ont continué à être en honneur. C'est aux Anglais qu'incombe le soin d'extirper ces vestiges de barbarie.

L'itinéraire complet de M. Foa dépasse 10 000 kilomètres; 6000 ont été parcourus à pied; cela forme 350 itinéraires partiels environ, dont 138 sont nouveaux pour la géographie.

Quatre ans à travers l'Asie centrale (1). — M. le docteur Sven Hedin commença ses explorations le 23 février 1894. Au départ de Marghilan, il dut franchir des torrents, escalader des rochers escarpés, suivre des sentiers accrochés au flanc des montagnes et longer d'effrayants précipices. La caravane atteignit le sommet des monts Alaï, au col de Tengis-baï, haut de 3850 mètres et couvert de neige profonde. Ce col, tombeau de nombreux Kirghiz, se trouve à la limite des bassins du Syr-Daria et de l'Amou-Daria.

Après avoir atteint le Trans-Alaï au col de Kysyl-Art (4370 m. d'altitude), l'explorateur arriva le 10 mars au grand Kara-Koul. Des sondages opérés en sept endroits dans la partie occidentale du lac donnèrent la profondeur maxima de 230 mètres. Au delà de la passe de Chugatai, M. Sven Hedin fut arrêté, le 7 avril, à la frontière chinoise. Il fallut maints pourparlers pour obtenir l'autorisation de visiter le Mous-tag-ata (père des monts de glace). Pour les Kirghiz il est entouré d'une auréole de mystère. Avant-poste formidable, qui domine et écrase de sa masse les déserts de l'Asie centrale, cette montagne est une des plus élevées du monde et la plus haute de tout le Pamir; elle a 7800 mètres d'altitude. On peut l'envisager comme le prolonge-

(1) C. R. DES SÉANCES DE LA SOC. DE GÉOGR. DE PARIS, 1898, pp. 15-35; — GEOGR. JOURN., 1898, t. XI, pp. 240-258, 7 gravv. et une carte; — 397-415 et 6 gravv.; — Kozloff, *The Lob Nor controversy*. GEOGR. JOURN., 1898, t. XI, pp. 652-658 et deux cartes (d'après l'IZVESTIA de Saint-Pétersbourg).

ment des puissantes crêtes de l'Himalaya, du Kouen Lun, du Karakoroum et de l'Hindou-Kouch, dont les assises s'enchevêtrent sur le "Toit du Monde"; elle est, d'ailleurs, le point culminant de la chaîne bordière du Pamir du côté de l'Orient, c'est-à-dire du Mous-tag (monts de glace), qui semble un chaînon de l'Hindou-Kouch.

Considérées dans leur ensemble, les hautes régions du Mous-tag-ata sont recouvertes d'une immense calotte de glace, qui étend ses ramifications vers les dépressions formées par le bassin des névés. Le 6 et le 16 août, à l'altitude de 5990 mètres, à peu près la hauteur du Kilimandjaro, le sommet nord de la montagne, que gravit l'explorateur, était couvert de névés et d'une fraîche couche de neige, épaisse de 40 centimètres, reposant directement sur un sol rocheux. Plus au sud, le 11 août, le sol disparaissait, à l'altitude de 4750 mètres, sous un manteau de glace.

Souvent campé à l'altitude de 4300 mètres, Sven Hedin parcourut plusieurs glaciers du Mous-tag-ata; ils sont dans une période de décroissance. Les anciennes moraines, l'argile glaciaire et les blocs erratiques s'étendent, au nord, jusqu'au Bassik-Koul, et au sud jusqu'au Kara-Sou. La position des fronts des glaciers oscille quelque peu suivant les saisons : marche en avant de quelques mètres pendant l'été, lorsque le mouvement d'écoulement est le plus fort, et recul pendant l'hiver, après arrêt de ce mouvement. Du 3 au 18 août 1894, le glacier de Jam-Bulak, large de 1 kilomètre et long de 3 kilomètres, avança de $4^{m},56$, soit $0^{m},30$ à peine par jour.

Du nord au sud, les glaciers deviennent de plus en plus petits et les anciennes moraines de plus en plus grandes.

Le massif du Mous-tag-ata se compose presque exclusivement de gneiss et de schistes cristallins. Les ruisseaux produits par la fonte des glaciers orientés vers l'ouest, forment par leur jonction, la rivière de *Sunbachi*, affluent du petit Kara-Koul, un lac morainique; du côté du nord le *Ske-bel-Sou*, rivière puissante et écumeuse en été, draine et déverse les eaux dans le *Gez-daria*, qui s'est creusé une vallée profonde dans la chaîne du Mous-tag; enfin le *Kara-Sou*, un des affluents du Yarkend-daria, est grossi par les torrents descendus des glaciers méridionaux du Mous-tag-ata.

M. Sven Hedin hiverna à Kachgar. En février 1895, il se rendit à Merket (Yarkend), sur le Yarkend-daria. Il s'agissait de traverser le désert de Takla-Makan, jusqu'au Khotan-daria, soit

une distance de 300 kilomètres. L'explorateur espérait trouver de la végétation et des sources au pied du Mazar-tag, aperçu par Prjevalsky et Carey, et que l'opinion commune prolongeait à travers tout le désert. Le 10 avril il se dirigea vers l'est, et le 22 il arriva à une montagne qui lui semblait le prolongement du Mazar-tag. Le lendemain on se remit en route ; mais après deux heures de marche, la masse montagneuse avait disparu au loin dans un air chargé de poussière, sans qu'on pût trouver la trace d'aucun prolongement. Ce massif est donc absolument isolé du Mazar-tag, signalé par Prjevalsky sur la rive gauche du Khotan-daria, et ce dernier relief ne s'étend pas, comme l'avait cru le grand voyageur russe, jusqu'au Kachgar-daria.

Devant les voyageurs se déroulait maintenant le désert, avec des dunes d'une trentaine de mètres de hauteur formant parfois chaîne. Une tempête de sable les surprit. Au milieu de la solitude, leurs oreilles ne perçurent que le sifflement et le bruissement des grains de sable soulevés et tiraillés par le vent. En faisant ce récit, M. Sven Hedin se demande si ces sons étranges n'éveillèrent pas dans l'imagination de Marco Polo l'idée de ces tambours et de ces escadrons de cavalerie, dont il parle en décrivant les horreurs du désert de Lob.

La traversée du désert ménagea le plus grand supplice, celui de la soif. On but du sang de mouton et un breuvage plus répugnant encore. Finalement le chef de l'expédition laissa sous bonne garde la caravane, qui n'était plus en état de suivre, et le 1 mai il continua sa marche vers l'est, accompagné seulement de Kasim. Le 5 mai, une ligne sombre se détacha sur l'horizon ; c'était la forêt du Khotan-daria. Le soir à 7 heures, Sven Hedin la traversa, mais il trouva le lit du fleuve desséché. Heureusement un canard ne tarda pas à être le message de la bonne nouvelle, et une petite flaque d'eau pure et fraîche vint récompenser le voyageur de sa courageuse obstination. Les débris de la caravane ne tardèrent pas à le rejoindre.

Pour renouveler son matériel, Sven Hedin retourna, par Ak-Sou et Outch-Tourfan, à Kachgar. Pendant l'été et l'automne de 1895, il entreprit une nouvelle excursion dans le Pamir et dans l'Hindou-Kouch. Le 14 décembre 1895, il quitta définitivement Kachgar. En 23 jours il arriva, par Yarkend et Kargalyk, à Khotan. C'est le chemin suivi, passé 600 ans, par Marco Polo. Sur les sables du désert, où chaque orage efface la route, la piste est jalonnée par des perches. C'est sans doute à cette particularité que fait allusion Marco Polo, lorsqu'il dit que les voya-

geurs dressent chaque soir une perche pour reconnaître dans quel sens ils doivent se diriger le lendemain.

De Khotan, Sven Hedin se remit en route le 14 janvier 1896 pour traverser dans sa plus grande largeur le désert de Takla-Makan, qui s'étend de Yarkend au Lob-Nor et de Khotan au Tarim. Le 26 janvier, on atteignit la forêt du Keria-daria. La rivière ne tarit pas à son entrée dans le désert ; elle coule encore par 39° 30′ lat. N. A Tongous-basté, elle se partage en deux bras. Dans les forêts vierges qui la bordent habite, entièrement isolée, une tribu de nomades, dont les Chinois mêmes ne soupçonnent pas l'existence. A l'ouest de Tongous-basté, on trouva perdues dans les sables, les ruines d'une ville ancienne, où l'on découvrit des manuscrits et des figurines en gypse ; elle est d'origine bouddhiste ; on peut conclure *a priori* qu'elle est antérieure à l'invasion arabe du VIIIe siècle, conduite par Kouteybe-ibn-Muslim. Le 24 janvier, semblable ville avait déjà été rencontrée.

Sven Hedin entrait le 23 février 1896 à Shah-Yar, après 41 jours de marche à travers le désert de Takla-Makan.

Prjevalsky est le premier Européen qui soit allé au Lob-Nor. D'après lui ce bassin, qu'il appelle Kara-Konchoun-Koul, avait des eaux douces et devait être placé un degré plus au sud que sur les cartes chinoises ; or ces cartes portent toujours des accidents de terrain réellement existants. M. le baron von Richtofen démontra qu'un lac du désert sans écoulement vers la mer devait avoir les eaux salées, et il conclut que le prétendu Lob-Nor trouvé par Prjevalsky devait être de formation récente, et postérieur à l'établissement de la carte de l'ancien Lob-Nor par les topographes chinois. La polémique, bien que datant de 1888, époque de la mort du Général Prjevalsky, n'est pas encore close.

M. Sven Hedin a cherché à jeter quelque lumière sur la solution de ce problème géographique. Prjevalsky avait suivi la grande route entre le Tarim (Yarkend-daria) et le Kontché-daria, dont le cours plus septentrional lui est parallèle ; le voyageur suédois prit le chemin qui passe à l'est de ce dernier cours d'eau. Il quitta Tchigelik le 31 mars ; il reconnut que le Kontché-daria se divise en deux bras par 40° 45′ lat. N. environ ; le plus occidental déverse ses eaux dans le Tchigelik-Koul, l'autre, le plus important, s'écoule vers le sud-est, sous le nom d'*Ilek* ; le 4 avril, après une marche de trois jours le long de la rive gauche de l'Ilek, Sven Hedin constata qu'il se jetait dans un lac allongé du sud au nord, situé à l'emplacement indiqué par les

cartes chinoises et admis par von Richtofen. Ce lac forme quatre grands bassins auxquels les habitants de Lob donnent les noms de *Avullu*, *Kara*, *Tayek* et *Arka*. Pour les Chinois, l'ensemble s'appelle Lob-Nor.

Des tempêtes d'est-nord-est, particulièrement violentes au printemps, règnent au Lob-Nor, et remplissent de sables son bassin, qui éprouve de ce fait des déplacements. Un des lacs de l'Old-Lob-Nor, tout couvert de roseaux, a donné, à la sonde, une profondeur de $4^{m},50$.

Quant au Lob-Nor de Prjevalsky, il faut le placer au S. E. de l'ancien Lob-Nor.

Les assertions de M. Sven Hedin ne sont pas goûtées par M. P. Kozloff, ancien compagnon de Prjevalsky et de Pievtzoff en Asie centrale. Après avoir mis sous les yeux les textes qui permettent au lecteur de se faire une opinion, il reprend les arguments du baron von Richtofen, et conclut à l'identité certaine du Lob-Nor des Chinois et du Kara-Konchoun-daria. M. von Richtofen avait dit que le Kara-Konchoun-daria était un lac d'eau douce, tandis que le Lob-Nor était un lac salé. Or, le lac de Prjevalsky n'a de l'eau douce que dans le chenal formé par le Yarkend-daria. En dehors de ce chenal, là où il n'existe pas de courant, les eaux sont légèrement salées, et elles le sont bien davantage à mesure qu'on marche vers l'est.

L'argument capital de von Richtofen était la position occupée par le Lob-Nor sur les cartes chinoises. Mais la position portée sur ces documents est vicieuse. Les RR. PP. Jésuites en 1760-5, et récemment le Général Pievtzoff ont placé le lac par 40° 2′ lat. N., et 40° 8′ 7″ lat. N.

Quant aux lagunes relevées par M. Sven Hedin au nord du Kara-Konchoun-daria, M. Kozloff les attribue aux méandres formés par le Kontché-daria, dans sa course vers l'est.

De Tchakalik, l'explorateur suédois prit la route de Khotan, longue de 970 kilomètres, qui traverse les districts aurifères de Tchertchen, Kopa et Sourgak. Après quelques semaines de séjour employées à la préparation d'une exploration du Thibet septentrional, Sven Hedin se dirigea sur Dalaï-Kourgan, à la base nord des monts Kouen-Lun. Il se mit en marche le 6 août. Le Kouen-Lun fut franchi, non au col de Tchakalik, impraticable aux chameaux, mais au col de Jappkalik (5000 mètres d'altitude). Puis on remonta un des affluents du Kara-Mouren jusqu'à sa source, et l'on atteignit les contrées visitées par Littledale. Dans l'impossibilité de retrouver le col par lequel le voyageur anglais

avait escaladé l'*Arka-tag*, on emprunta un défilé nouveau situé plus à l'est et haut de 5400 mètres.

Le profil géologique des chaînes de montagnes parallèles au Kouen-Lun est très intéressant ; le granit, la syénite, la diorite, les schistes cristallins y dominent.

Du col d'Arka-tag on voit se profiler au loin dans le sud, une puissante chaîne de montagnes aux neiges éternelles et aux pics étincelants. Elle est parallèle à l'Arka-tag et prolonge les monts *Koukou-Schili*. Entre ces deux gigantesques masses, dirigées de l'est à l'ouest, dans le sens de la longueur, s'étend un haut plateau accidenté, divisé en une série de bassins sans issues ; on en compte vingt-trois. Au centre de chaque bassin, un lac de dimensions variables, aux eaux claires, mais saumâtres, où viennent s'épancher les eaux des montagnes voisines. L'altitude moyenne est de 5000 mètres ; la végétation est pauvre, le froid supportable ; la nuit, la température descend rarement au-dessous de — 10° C. Le pire ennemi sur les plateaux mornes du Thibet, c'est le vent et la grêle. Régulièrement l'ouragan d'ouest arrive chaque jour vers 1 heure.

Sur le Pamir, le plus grand danger pendant un voyage d'hiver est occasionné par les *bouranes*, ou tempêtes de neige. C'est le moment ou jamais de rester groupés, donc de dresser en hâte les tentes.

Dans la vallée de l'Alaï, à Urtak, la température descendit, le 6 mars 1894, à — 34°,5 C. Le climat a des bizarreries. A l'ombre on est bien près de geler, tandis qu'au soleil on a la peau brûlée. Des variations de 50° en six heures sont très ordinaires pendant l'hiver. La température la plus basse relevée par le Dr Sven Hedin a été observée à Koksaï, dans la nuit du 10 mars 1894. Le thermomètre est descendu jusque — 38°,2 C.

Les seuls animaux qui animent le plateau Thibétain sont le yack et le koulan ou cheval sauvage.

Vers le 30 septembre 1890, après deux mois de séjour, les explorateurs quittèrent le Thibet et franchirent l'Arka-tag par deux cols assez commodes, qui les conduisirent aux sources d'un affluent du *Naïdschi-Mouren*. Entre les chaînes du Kouen-Lun au sud, et au nord l'Altyn-tag et les contreforts méridionaux du Koukou-nor, s'étend le vaste bassin du Tsaïdam ; au point de vue de la géographie physique, il occupe la même situation que le bassin du Tarim ; mais il est plus petit, plus accidenté, et plus haut que le Tarim de 150 mètres. Dans les parties centrales du Tsaïdam, se trouvent plusieurs lacs salés dont le plus grand est

le *Davassoun-nor*, où affluent tous les cours d'eau des montagnes environnantes.

Par le défilé de *Noukkeuten-Kouttel*, dans la chaîne méridionale du Koukou-nor et le *Buchain-gol*, qui fut franchi plus en amont par nos voyageurs que par le P. Huc, Sven Hedin arriva, peu après le 1 novembre 1896, à Koukou-nor, où il restait 1600 kilomètres à faire pour atteindre Pékin. Le Koukou-nor (lac Bleu), se trouve à l'altitude de 3040 mètres ; son eau est salée et bleu pâle ; le lac est couvert par les glaces trois mois de l'année.

Le 23 novembre, l'explorateur entrait dans la ville fortifiée de Si-Ning, traversant un pays désolé par la rébellion de 1894, qui avait coûté la vie à 50 000 Mahométans et Chinois. Puis, il traversa Ping-fan, Liang-chan, le désert d'Ala-Shan, celui des Ordos pour aboutir à Pékin au commencement de 1897.

Région lacustre de Tombouctou (1). — La curieuse région lacustre, qui avoisine Tombouctou à l'ouest, se précise de plus en plus. D'après les prévisions, il existe au nord du lac *Faguibine* une autre nappe d'eau : le lac de *Boukor* ou de *Tahakim*. Il est long de 10 kilomètres et large de 2 à 3. Le Faguibine lui-même a une longueur d'une centaine de kilomètres et une largeur parfois voisine de vingt kilomètres.

Le lac *Télé* qui prolonge le Faguibine au sud-est est étroit, mais profond de 28 mètres. Au sud du Faguibine se trouvent les lacs *Daounas ;* ils communiquent avec le Faguibine tous les quatre ou cinq ans, lors des grandes crues du Niger en février ou mars. Le Boukor et les Daounas sont donc des déversoirs du Faguibine.

Aux hautes eaux les Daounas forment deux lacs réunis par le canal de *Gorgondo*. Lorsque les eaux baissent, l'étendue de la surface inondée diminue rapidement et il se forme des mares ; les principales sont celles de *Gringa*, *Tinebi*, *Doékoré*, *Zinguette*, etc.

Toute cette région lacustre présente un magnifique avenir agricole.

Chine. Concessions diverses. Partage. — Jusqu'en 1886, la Chine était restée presque entièrement fermée à l'influence

(1) G. Regelsperger, Rev. de Géogr., 21e ann. 1897-98, pp. 35-36. Cfr. Paul Vuillot, *Carte au* $\frac{1}{100\,000}$ *de la région des lacs de Tombouctou*, 2me édit., 1897. La première édition est de 1895.

étrangère. Seul le commerce anglais s'était assuré une situation privilégiée, grâce à l'entrepôt de Hong-Kong et aux agences de Canton, de Han-Kow, de Tien-Tsin et de Sang-Haï.

Avec l'établissement de la France au Tonkin, la situation a changé. Français et Anglais s'efforcent de secouer la torpeur chinoise et de faire rayonner dans l'orbite de leur influence les provinces méridionales de la Chine : Yun-nan (tabacs, laines, métaux), Szé-Tchouen (soieries) et Kouang-Si (papiers). Le marché est quasi intact et de premier ordre pour les peuples industriels. On se fera une idée du commerce du Kouang-Si, par exemple, d'après les chiffres relevés pour Pé-Sé par M. Marcel Monnier, membre de la mission d'exploration envoyée en Chine par la Chambre de commerce de Lyon. Pé-Sé, situé sur le You-Kiang, bras supérieur du Si-Kiang, à 250 kilomètres au nord-ouest de Long-Tchéou, et en relations actives avec le Szé-Tchouen et le Koeï-Tchéou, importe pour 80 millions de francs de marchandises, sur lesquels 50 millions arrivent de Canton et de Hong-Kong par voie fluviale.

Les traités d'avril 1886 et du 26 juin 1887 valurent à la France non seulement une rectification de la frontière nord de l'Indo-Chine, qui la rendit maîtresse du Fleuve Rouge et du Mékong, mais aussi l'ouverture en 1888 des villes de Long-Tchéou, sur le Si-Kiang et de Meng-tso, près du Fleuve Rouge.

En 1890, Tchoung-King, sur le Yang-tsé-Kiang (province de Szé-Tchouen), devenait port à traité, grâce aux instances de l'Angleterre qui, le 1 mars 1894, faisait ouvrir le marché de Ya-toung, à la frontière du Thibet et du Sikkim, et arrêtait avec la Chine la question des frontières birmanes, pendante depuis 1886.

Cette même année 1894, survint la guerre sino-japonaise. Ce fut un désastre pour les fils du ciel. Par le traité de Simonoséki, du 17 avril 1895, il fallut abandonner au Japon les îles Pescadores, Formose (34 500 kilomètres carrés) et la presqu'île de Lia-toung ; payer une indemnité de guerre d'un milliard de francs ; reconnaître l'indépendance de la Corée et ouvrir au commerce étranger, non seulement le Yang-tsé-Kiang jusqu'à Tchoung-King, mais trois ports nouveaux : Cha-Si (en aval de Tchoung-King), Sou-Tchéou (province de Kiang-Sou) et Hong-Tchéou dans le Tche-Kieng.

La presqu'île de Lia-toung toutefois fit retour à la Chine, grâce à l'influence de la Russie, de la France et de l'Allemagne.

Comme récompense de son intervention la France obtint, par

traité du 20 juin 1895, la détermination définitive de la dernière partie des 2137 kilomètres de frontière commune entre les provinces chinoises et l'Indo-Chine française. Il lui était aussi accordé des avantages précieux pour l'introduction de ses produits dans les provinces limitrophes du Tonkin : nomination de consuls à Sse-mao et à Ho-Kéou (au sud de Meng-tso) ; concessions minières ; jonction du chemin de fer tonkinois avec celui de la Chine à Sse-mao (point de convergence du commerce de la Chine méridionale), en passant par Muong-Ha-Hin.

Le traité du 20 juin 1895 avait abandonné à la France une grande partie du Kiang-Hung, situé à l'est du Mékong, cession que la Chine ne pouvait faire, aux termes de l'accord du 1 mars 1894, sans prendre d'arrangement avec l'Angleterre. Pour s'assurer l'adhésion de la Grande-Bretagne, le gouvernement français consentit, dès le 15 janvier 1896, à partager avec elle les privilèges qui lui avaient été accordés en 1895 ; mais presque en même temps il obtenait de la Chine le prolongement jusqu'à Long-Tchéou de la voie ferrée tonkinoise qui s'arrêtait à Lang-son.

Comme la France, la Russie obtint aussi diverses concessions de son obligée. En décembre 1896, la Chine consentait à ce que le chemin de fer transsibérien traversât la Mandchourie (942 000 kilomètres carrés ; 15 à 20 millions d'habitants) ; c'était gagner 100 kilomètres de tracé pour atteindre l'océan Pacifique. De plus, la flotte russe, bloquée par les glaces à Vladivostock, pouvait, en cas de besoin, hiverner dans un port chinois libre de glaces.

La convention du 15 janvier 1896 avait donné satisfaction à l'Angleterre, du côté de la France; cela ne pouvait suffire au cabinet de Saint-James. Il y avait eu violation d'engagement de la part de la Chine, et une satisfaction était due.

L'Angleterre exigea d'abord l'ouverture du Si-Kiang (rivière de l'Ouest) jusque Ou-Tchéou, situé à 180 milles de Canton, et où la marée monte tranquillement de 12 à 20 pieds. C'est le steamer, puissant et rapide moyen de progrès, substitué à la lente et coûteuse jonque chinoise. Pour comprendre l'importance de cette concession, il faut se rappeler que Canton est à l'embouchure du Si-Kiang et qu'en face est Hong-Kong, le grand entrepôt anglais des mers de Chine.

Par le même arrangement, Ou-Tchéou, Sam-Chui et Kong-Kun devinrent ports à traités et purent recevoir des consuls étrangers; Kong-moun, Kom-chuk, Shui-hing et Jak-hing furent désignés comme ports d'escale pour marchandises et passagers. Sam-Chui

est un centre commercial important, situé au confluent du Si-Kiang et de la rivière du Nord de Canton ; Kong-Kun est situé sur le Si-Kiang, presque en face de Sam-Chui, mais à une plus grande profondeur d'eau ; enfin Kom-chuk et Kong-moun se trouvent sur le cours inférieur du Si-Kiang, entre Sam-Chui et Macao.

Quel mobile a eu l'Angleterre en demandant l'ouverture du Si-Kiang ? En obtenant que le chemin de fer de Lang-son fût prolongé jusque Long-Tchéou, la France s'était assuré un grand avantage. Long-Tchéou, construit comme Lang-son, sur un des bras du Si-Kiang, n'était plus qu'à quatre ou cinq jours de la mer, alors qu'il en fallait vingt à trente pour arriver de ce point, par territoire chinois, jusqu'à Hong-Kong. La voie par le Tonkin était plus rapide et plus économique, et elle était appelée à drainer les richesses du Kouang-Si. La rivale veillait et le Si-Kiang était tout désigné pour faire une concurrence sérieuse au chemin de fer et détourner une partie des marchandises chinoises transitant par le Tonkin.

Hong-Kong toutefois ne sera pas seul à profiter de la situation, pensons-nous : la colonie portugaise de Macao, placée à moins de trois kilomètres de la principale embouchure du Si-Kiang, mais dont le port a des tendances à s'ensabler, semble devoir servir de port de transbordement entre les navires de mer et les steamers et bateaux de rivière à destination et en provenance des provinces de Kouang-Toung et Kouang-Si, et plus spécialement des ports de Kom-chuk, Kong-moun et Sam-Chui. Pour tirer parti de l'ouverture du Si-Kiang, le gouvernement portugais a exempté de la taxe de tonnage et de tous les droits de port, les vapeurs provenant de Hong-Kong, Canton, Pakhoï, Haï-Han et tous autres ports chinois.

Les Anglais ne se sont pas bornés à l'ouverture du Si-Kiang au commerce européen. Par convention du 4 février 1897, ils ont obtenu quatre cessions territoriales. La partie de la frontière sino-birmane comprise entre le Mékong et Kung-Long, sur la Salouen, reste telle qu'en 1894. Mais de Kung-Long, au lieu de suivre le thalweg de la Salouen, la frontière s'infléchit vers le nord-est, attribuant définitivement à la Birmanie l'état shan de Ko-Kang et une partie du Wan-Ting, soit un territoire de 96 kilomètres de longueur sur 40 kilomètres dans sa plus grande largeur. Entre la rivière Souéli et le point terminus de la frontière au nord, il y a trois autres concessions de moindre étendue. Outre ces compensations territoriales, l'Angleterre a fait modifier et préciser le texte de l'article 5 de la convention de 1894.

La Chine s'engage à ne céder à aucune autre nation ni Mong-Lem, ni une partie quelconque du Kiang-Hung, sans avoir pris des arrangements avec la Grande-Bretagne.

Si le Tonkin donne à la France une situation privilégiée pour commercer avec le Kouang-si et le Yun-nan oriental, la Birmanie, qui pénètre beaucoup plus au nord dans l'intérieur du continent, met les Anglais fort près des grands centres du Yun-nan occidental, et aux portes mêmes du Szé-Tchouen. Leurs possessions entrent comme un coin dans l'empire chinois et favorisent l'établissement de bonnes routes commerciales. Par les articles 9 à 13 de la convention du 4 février 1897, la Chine consent d'ailleurs à ouvrir ces routes et à examiner si l'intérêt du commerce ne nécessite pas la construction de voies ferrées dans le Yun-nan. Ces voies ferrées devront être reliées aux lignes de la Birmanie. De plus, l'Angleterre a le droit de nommer un consul à Sse-Mao, et à Momein (Tung-Yueh-Ting, 25° lat. N.) ou à Chun-ning, sur le Haut-Mekong (24° 25' lat. N.); les sujets et protégés anglais peuvent s'établir dans ces villes et y faire le commerce aux mêmes conditions que dans les ports à traités.

Pour assurer la sécurité du Tonkin, la France passait avec la Chine, le 12 juin 1897, un arrangement par lequel celle-ci s'engageait à ne pas céder à une autre puissance l'île de Haï-nan, deux fois plus grande que la Sardaigne et avant-poste de grande importance stratégique.

Jusqu'ici, comme on le voit, les puissances européennes avaient demandé surtout l'ouverture de fleuves et de villes et l'autorisation de construire des voies ferrées. Pour certains gouvernements, la Grande-Bretagne par exemple, l'intégrité territoriale de l'empire chinois était presque un dogme. Deux événements viennent de modifier la situation, et de commerciales, les compétitions sont en grande partie devenues politiques.

En novembre 1897, deux missionnaires catholiques allemands furent massacrés dans le Chan-Toung. L'Allemagne vit l'occasion belle et, tout en demandant des réparations, elle ordonna aux marins de sa flotte de prendre provisoirement possession de la baie de Kiao-Tchéou, excellent mouillage situé aux portes du Pet-chi-li; c'était un gage qui ne tarda pas à devenir une conquête; en effet, le 6 mars 1898, la Chine cédait au gouvernement allemand, pour une période de 99 ans, la baie de Kiao-Tchéou et une bande de territoire adjacent dans le Chan-Toung. Les Allemands obtenaient de plus dans cette province des concessions de mines et de voies ferrées.

Obligée de payer au Japon, toujours installé à Weï-haï-weï, la dernière partie de l'indemnité de guerre, la Chine voulut, au commencement de 1898, contracter un emprunt d'État de 16 millions de livres sterling, ou 400 millions de francs, soit avec l'Angleterre, soit avec la Russie. Après diverses péripéties, la Grande-Bretagne décida le gouvernement chinois à traiter avec deux banques, une anglaise et une allemande. C'était un succès pour le cabinet de Saint-James ; il obtint en outre : l'ouverture pour la navigation à vapeur de tous les cours d'eau navigables de la Chine, donc de toutes les villes de l'intérieur ; l'ouverture de trois nouveaux ports à traités : Ching-Wang-Peitaho, dans le Pet-chi-li ; Fou-Ning, sur le Sam-Sa, à 130 kilomètres au sud-ouest de Wen-Tchéou (province Fo-Kien) ; Yo-Chau, sur le lac de Tung-ting (80 kilomètres de longueur, et 40 kilomètres de largeur) tributaire du Yang-tsé-Kiang (province de Hu-nan) ; enfin l'engagement de toujours confier à un Anglais le poste important de directeur général des douanes, et de ne céder sous aucune forme un territoire de la vallée du Yang-tsé-Kiang. On sait que le Yang-tsé-Kiang a au moins 2600 kilomètres de cours navigable, et que sa vallée, d'une superficie de 1 200 000 kilomètres carrés environ (c'est plus de deux fois la France), a une population de 150 millions d'âmes.

Et voici les conséquences de ces grosses concessions faites à l'Allemagne et à l'Angleterre. D'accord avec le gouvernement chinois, la Russie a envoyé ses vaisseaux hiverner à Port-Arthur et, le 15/27 mars 1898, elle a signé un engagement par lequel Port-Arthur et Talien-Wan, avec les territoires y attenant et les eaux territoriales qui en dépendent, lui étaient cédés à bail pour une période de vingt-cinq ans. De plus, une voie ferrée pourra relier Port-Arthur et Talien-Wan à la ligne transsibérienne à Bedouné (Sin-Tcheng).

Port-Arthur n'est pas un port de commerce et ne pourra guère être transformé comme tel. C'est une position stratégique puissante, une espèce d'avant-poste maritime qui vient renforcer les avant-postes terrestres que la Russie avait déjà du côté de la Chine. Les frontières russes confinent aux frontières chinoises sur une longueur de 4000 milles.

Mise au courant des démarches de la Russie pour l'acquisition de Port-Arthur, qui est le premier pas vers l'absorption de la Mandchourie, la Grande-Bretagne lui proposa de renoncer à son projet. Le gouvernement russe déclina cette offre. Après des négociations avec le Japon, le cabinet de Saint-James se mit

d'accord avec la Chine pour l'occupation de Weï-haï-weï, aux mêmes conditions que Port-Arthur. Weï-haï-weï est une forte position stratégique, située dans le Pet-chi-li (province de Chan-Toung), à peu près en face et à 100 kilomètres de Port-Arthur. De plus, par convention signée à Pékin le 9 juin 1898, l'Angleterre obtint à bail pour 99 ans les territoires situés en face de Hong-Kong. C'est un agrandissement de 500 kilomètres carrés. La Chine garde, il est vrai, la côte nord de la baie de Mirs et de la baie de Deep : mais elle cède les eaux qui y confinent. Pour la Grande-Bretagne, cette dernière acquisition n'est pas seulement précieuse au point de vue stratégique (on n'ignore pas que les hauteurs des territoires donnés à bail commandent Hong-Kong), mais elle pourra devenir le point de départ d'un chemin de fer vers l'intérieur et éventuellement vers le Yang-tsé-Kiang (Han-Kéou).

L'assassinat du R. P. Berthollet, missionnaire au Kouang-Si, a été l'occasion pour la France de faire valoir de légitimes revendications. Elle a demandé et obtenu, par convention passée avec le gouvernement de Pékin le 12 avril 1898, que les provinces chinoises confinant au Tonkin (Yun-nan, Kouang-Si et Kouang-Toung) ne seraient jamais abandonnées à une autre puissance. La Chine a fait aussi concession d'un chemin de fer allant du Tonkin à Yun-nan-Fou, et a cédé à bail Kouang-Tchéow-Ouan (Ouan veut dire *baie*). Cette baie est située sur la côte orientale de la péninsule de Leï-Tchéou, à l'extrémité de laquelle se trouve Haï-nan ; c'est un excellent port dont le périmètre approche de 36 milles ; les cartes marines ne donnent encore que des notions sommaires sur son hydrographie. Avec Haï-nan c'est une position de premier ordre pour la France.

Par un acte séparé, le gouvernement français a été autorisé à construire une voie ferrée pour relier Pa-Koï, dans le golfe du Tonkin, à Nan-Ning-Fou, dans le bassin du Si-Kiang. A notre avis, la France n'a pas grand intérêt à cette concession. Le chemin de fer de Pa-Koï se trouve *en dehors du Tonkin*, et il détournera peut-être de l'Indo-Chine française le courant commercial du Kouang-Si. Les partisans de la ligne objectent que le commerce anglais ne peut pas profiter seul de l'ouverture du Si-Kiang à la navigation à vapeur, ni drainer seul les richesses du Yun-nan et du Kouang-Si, soumis à l'influence de la Birmanie d'une part et de Hong-Kong de l'autre. Fort bien, mais pense-t-on que ce soit bien la voie ferrée de Pa-Koï qui puisse rétablir la situation à l'avantage de la France ? Celle-ci n'a-t-elle pas

plutôt intérêt (ce n'est pas une critique, c'est un doute) à pouvoir relier Nan-Ning-Fou à Lang-Son, situé à la frontière tonkinoise ?

Terminons en disant que la Chine semble s'être engagée vis-à-vis du Japon à ne jamais céder à une puissance étrangère la province de Fo-Kien, située en face de Formose.

Il ne reste donc plus que la Mongolie avec Pékin, le Thibet, et le Turkestan chinois dont le céleste empire puisse encore disposer.

F. Van Ortroy,
Cap. Commandant de cavalerie.

CHIMIE

L'association des chimistes allemands (1). — L'association des chimistes allemands s'est réunie cette année à Darmstadt, dans le Grand-Duché de Hesse, du 1 au 4 juin. Le lieu de rendez-vous dut plaire aux congressistes, car c'est là que naquit, en 1803, le célèbre chimiste Juste Liebig et, une vingtaine d'années plus tard, en 1829 A. Kekulé.

Les sujets traités dans cette réunion de savants sont assez nombreux, et plusieurs d'entre eux présentent un vif intérêt.

Parmi ceux-ci, signalons une discussion bien intéressante au sujet des examens auxquels on voudrait soumettre les jeunes chimistes qui, leurs études terminées à une université ou à une école polytechnique, désirent entrer dans la grande industrie chimique. On est assez d'accord que beaucoup de ces jeunes gens, malgré leur titre de docteur ou les diplômes qu'ils ont conquis, n'ont pas les connaissances nécessaires pour remplir les fonctions qui les attendent dans l'industrie. M. C. Duisberg rend compte des efforts faits pour remédier à ce mal. Les industriels demandent un examen à subir par ces jeunes gens devant un jury nommé par le gouvernement ; mais ils se heurtent aux exigences des pro-

(1) Voir le compte rendu des séances dans la Zeitschrift für angewandte Chemie. août et septembre 1898.

fesseurs qui veulent garder la liberté de donner à leur enseignement la direction qu'ils jugent convenable et qui s'opposent à cet examen. Le gouvernement allemand, sollicité surtout par les industriels, a convoqué une commission d'enquête pour examiner cette question et proposer, s'il y a lieu, les conditions et les matières d'un tel examen. Cette commission se composait de plusieurs membres du gouvernement, de professeurs de l'enseignement supérieur et d'industriels. Comme la plupart des universités, pour échapper à un examen officiel, venaient d'établir des examens pour l'admission au doctorat, la commission fut d'avis que *pour le moment* il n'était pas opportun d'imposer un examen officiel, et qu'il convenait d'attendre les résultats des réformes récemment établies. Toutefois les membres de la commission donnèrent leur avis sur les conditions et les matières d'un examen que le gouvernement pourrait peut-être un jour être forcé d'imposer aux chimistes qui se destinent à l'industrie. La commission estime qu'il faudrait exiger que le candidat, avant de commencer ses études universitaires, ait achevé, avec fruit, ses neuf années d'humanités classiques ou modernes. L'examen à la fin des études universitaires devrait porter sur les branches suivantes : Chimie théorique, minérale, organique, analytique ; notions de chimie industrielle ; physique et manipulations physiques ; minéralogie, y compris les notions de cristallographie que cette étude comporte. Des études spéciales de mathématiques ou de sciences naturelles, autres que celles qui viennent d'être mentionnées, ne sont pas jugées nécessaires. Quant à l'électrochimie, elle serait exigée seulement pour certains industriels.

Bien que le gouvernement allemand, suivant l'avis de la commission, n'ait pas pour le moment l'intention d'imposer un examen aux chimistes se destinant à l'industrie, ce programme présente son intérêt, et nous avons jugé utile d'en communiquer le projet à nos lecteurs.

Nouveau procédé d'extraction des métaux de leurs combinaisons et moyen d'obtenir des températures élevées. — Les belles recherches de M. Moissan sur les réactions qui s'accomplissent dans les fours électriques ont fourni un moyen d'obtenir à l'état libre et pur bon nombre de métaux qui, jusque dans ces derniers temps, étaient, pour ainsi dire, inconnus. Mais le procédé de M. Moissan présente des difficultés : un courant de quelques centaines d'Ampère n'est pas à la disposition de tout le monde, et il se passera encore bien du temps,

avant que ces belles recherches puissent être universellement reproduites dans les laboratoires, ou que la grande industrie les mette couramment en pratique sans trop de frais. On apprendra donc avec plaisir que M. H. Goldschmidt est parvenu à réaliser, au moins en partie, des réactions semblables avec des moyens beaucoup plus simples.

Depuis longtemps on savait que l'aluminium métallique a le pouvoir de réduire beaucoup d'oxydes; l'aluminium lui-même se transforme, dans cette réaction, en oxyde aluminique. Toutes ces réactions s'accomplissent avec un dégagement de chaleur considérable. On se rendra aisément compte de ces phénomènes, en comparant les données thermiques suivantes :

CHALEUR DE COMBUSTION (1)

Hydrogène	34 200	calories.
Carbone	8 317	"
ALUMINIUM	7 140	"
Magnésium	6 077	"
Sodium	3 293	"
Calcium	3 284	"
Fer	1 352	"
Cuivre	321	"
Plomb	243	"

Ces faits connus de tous les chimistes n'avaient cependant guère été mis à profit pour la réduction des oxydes. En vain avait-on essayé d'opérer cette réduction en chauffant dans un creuset un mélange d'aluminium et d'oxyde. La réaction était des plus énergiques, mais on obtenait très peu de métal libre. M. Goldschmidt tenta une autre voie. Il essaya d'établir la réaction en un point du mélange et de déterminer, par la chaleur devenant ainsi libre, la réduction successive de la masse totale. Ce procédé présente une analogie remarquable avec la combustion du charbon dans un poêle. Ce sont les copeaux, le bois qui, enflammés, déterminent la combustion d'une partie du charbon;

(1) Ces chiffres représentent les nombres de calories mises en liberté lors de la combustion d'un kilogramme de chaque substance. Ils sont empruntés aux tableaux de Landolt et Bœrnstein, à part celui de l'aluminium dont la chaleur de combustion manquait et qui a été déterminé récemment.

celle-ci à son tour élève une autre partie à la température d'inflammation, et ainsi de suite. Dans le procédé de M. Goldschmidt, les copeaux sont remplacés par des petites billes que l'auteur appelle " cerises d'inflammation „, *Zündkirschen*. Ces billes sont formées d'une pâte se composant principalement de poudre d'aluminium et de peroxyde de baryum et renferment, en guise de mèche, un fil de magnésium. Le peroxyde de baryum peut être remplacé par d'autres substances riches en oxygène et abandonnant facilement cet élément, telles que le permanganate de potassium, les chlorates et les azotates, l'oxyde cuivrique et d'autres. A l'aluminium on peut substituer du magnésium, du zinc en poudre, du pentasulfure d'antimoine, du carbure de calcium.

Pour extraire d'après le nouveau procédé, des métaux, par exemple le fer, le manganèse, le chrome et d'autres, on introduit dans un creuset en terre réfractaire, brasqué de magnésie, un mélange d'aluminium finement divisé et de l'oxyde qu'on veut réduire. On ajoute la bille d'inflammation, on allume le fil de magnésium, et la réaction s'établit aussitôt.

A mesure qu'elle avance, on peut ajouter du mélange, et il est facile d'obtenir ainsi en peu de temps des quantités notables de métal.

Celui-ci est, contrairement à ce qu'on pourrait croire, exempt d'aluminium, pourvu qu'on ait donné un excès de l'oxydant. L'aluminium du commerce étant exempt de carbone, le métal qu'on obtient est également dépourvu de cet élément, avantage bien précieux pour l'industrie.

Parmi les métaux obtenus par ce nouveau procédé, citons le manganèse, le fer, le chrome, le glucinium, le tantale, le vanadium, le niobium. Ces deux derniers n'ont été préparés qu'en petites quantités, à cause de la difficulté qu'on rencontre à se procurer les combinaisons de ces éléments. Même les oxydes des métaux alcalins, alcalino-terreux et terreux sont réduits par l'aluminium. Toutefois ces métaux, étant moins denses que les scories qui se forment en même temps, viennent surnager et brûlent au contact de l'air atmosphérique.

Parmi les différents oxydes qu'un même métal forme parfois, le plus riche en oxygène se prête le mieux à la réaction. Dans certains cas, on recourra utilement aux sulfures. La chaleur, dégagée alors, est généralement moindre, mais les scories sont plus fusibles que celles qu'on obtient avec les oxydes.

Certains métaux, le titane, par exemple, ne s'obtiennent que

difficilement par ce procédé sous forme de culot; d'autres ont un point de fusion tellement élevé, qu'il serait malaisé de les fondre dans la suite pour les différents usages auxquels on les destine. Dans tous ces cas, la nouvelle méthode offre encore un moyen d'arriver à un but utile. Au lieu de préparer ces métaux isolément, on les produit sous forme de différents alliages. Ainsi le titane a été obtenu allié au fer, et, comme un alliage même à 40 p. c. de titane et 60 p. c. de fer ne fond qu'à des températures trop élevées, on a préparé un alliage de 20 p. c. de titane pour 80 p. c. de fer, produit qui se trouve actuellement dans le commerce. De la même manière, on a introduit dans le commerce un alliage de fer et de 20 à 25 p. c. de bore. Un alliage de cuivre avec 10 p. c. de chrome, obtenu par le même procédé, possède encore complètement la couleur du cuivre, mais l'emporte beaucoup sur ce métal par sa ténacité et sa dureté.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que du produit de la réduction; il nous faut dire quelques mots de la transformation que subit le réducteur, l'aluminium. En s'oxydant, il se transforme en *corindon*, oxyde aluminique qui constitue les scories. Souvent de faibles quantités des différents oxydes restent associées à cet oxyde aluminique et en augmentent la dureté, comme le fait, par exemple, l'oxyde de chrome; souvent aussi, ces matières étrangères lui communiquent une couleur ou une teinte spéciales. Le corindon obtenu ainsi artificiellement possède une très grande dureté, à tel point qu'on a pu parfois rayer même le diamant au moyen de cet oxyde. Il constitue, par conséquent, un remplaçant très utile de l'émeri, auquel il est supérieur par plusieurs qualités.

Mentionnons encore, pour terminer ce petit exposé, une autre application que le nouveau procédé vient de trouver. On a constaté qu'il se prête très bien à porter rapidement des pièces métalliques à une très haute température. Dans ce but on entoure la pièce métallique, ou plutôt la partie d'une pièce métallique qu'on veut chauffer, d'un mélange d'aluminium et d'un oxyde; puis, après avoir ajouté la bille d'inflammation, on allume le magnésium. La réaction terminée, ce qui est le cas au bout de quelques instants, on casse les scories formées autour de la pièce et on constate que celle-ci est en pleine incandescence. L'échauffement est même tellement rapide, que les parties voisines de la pièce ont à peine éprouvé une faible élévation de température. Encore une fois, l'industrie tirera, sans aucun doute, profit de cette découverte. Des déterminations, faites au moyen du thermophone de Wyborgh, ont montré que, lors de la

réduction de l'oxyde chromique, la température monte à 2900 ou 3000°. On se rappellera que la température dans les fours électriques peut monter jusque vers 3500°.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans toutes ces expériences, c'est la concentration extraordinaire d'énergie. Dans un creuset d'environ dix litres, la combustion rapide de l'aluminium met en liberté une quantité d'énergie qui équivaut à des milliers de chevaux.

Cette concentration vraiment surprenante a fait dire à M. Ostwald que ce nouveau procédé constitue le haut fourneau et le feu de forge dans le gousset (1).

H. De Greeff, S. J.

PHYSIQUE

—

Technique et applications des Rayons X. — Nous grouperons autour de l'analyse d'un livre récent de M. G. H. Niewenglowski (2), quelques indications pouvant intéresser ceux de nos lecteurs qui, à un titre quelconque, s'occupent des rayons X.

M. G. H. Niewenglowski est un des plus ardents et des plus heureux propagateurs du sport photographique. Nous entendons du sport rationnel, scientifique et artistique. Son prosélytisme s'exerce dans un enseignement oral et pratique au Polytechnicum, dans le journal mensuel La Photographie qu'il dirige avec M. L. P. Clercq et dans une pléiade d'ouvrages qu'il publie seul ou avec l'aide de collaborateurs attitrés sur les diverses questions théoriques et pratiques intéressant le photographe amateur ou professionnel. Nous citerons : *Leçons élémen-*

(1) Pour se procurer des renseignements détaillés au sujet du procédé que nous venons d'esquisser, ainsi que toutes les substances nécessaires, notamment les billes d'inflammation, on peut s'adresser à la Société *Chemische Thermo-Industrie* à Essen (Ruhr).

(2) *Technique et applications des rayons X*, traité pratique de radioscopie et de radiographie, par G. H. Niewenglowski, préparateur à la Faculté des sciences de Paris. — Paris, H. Desforges, un volume in-8° de 164 pages, avec 78 figures dans le texte et 8 planches hors texte.

taires de photographie pratique. — Notions générales de chimie photographique. — Principes de l'art photographique. — La photographie et la photochimie. — L'objectif photographique. — La photographie en voyage et en excursions; utilisation des vieux négatifs. — Formulaire-aide-mémoire du photographe. — Les couleurs et la photographie. — Applications scientifiques de la photographie.

Cette série demandait évidemment à être complétée par un *Traité des Rayons X*. Aussi, dans les premiers mois de la découverte de Röntgen, M. Niewenglowski publia dans une brochure in-8°, sous le titre de *La Photographie de l'Invisible*, l'historique, la théorie et la pratique des expériences de Röntgen, Seguy, Henry, de Chardonnet, etc. Les ouvrages de ce genre ont vieilli avec une rapidité inouïe. Celui que Ch. Ed. Guillaume avait écrit de ce point de vue élevé où le placent tout naturellement son érudition peu commune, la clarté et la souplesse de son esprit, arrivait en décembre 1896, un an à peine après la fameuse découverte, à sa deuxième ou plutôt à sa *troisième* édition. La deuxième avait paru en mai. Les progrès importants qui suivirent de près cette date, amenèrent les éditeurs Gauthier-Villars à en sacrifier la dernière partie et à la réimprimer sous une forme nouvelle. Il y a beau temps déjà que l'on souhaite voir cette troisième édition elle-même, remise à jour, nous présenter un tableau complet de la masse énorme de faits nouveaux apportés dans ces dix-huit derniers mois, avec le bilan critique des diverses théories proposées pour leur explication.

En même temps que *Les Rayons X* de Ch. Ed. Guillaume, mais visant moins haut et envisageant surtout le côté pratique de la question, d'autres traités avaient vu le jour. Parmi les meilleurs, on citera la *Technique médicale des Rayons X* d'Abel Buguet et *La Technique et les applications pratiques des Rayons X, Guide pratique du radiographe*, par le Dr Van Heurck. Ces deux habiles opérateurs contribuèrent, chacun de leur côté, aux progrès des travaux radioscopiques et radiographiques. Leurs manuels nous ont transmis les conseils de leur expérience et ont servi de guide à des centaines de débutants.

Mais, encore une fois, l'âge vient vite dans le domaine röntgénien. La *Technique médicale* est datée du 6 novembre 1896 ; le *Guide pratique*, du 15 mars 1897. Leur place, sans aucun doute, est toujours marquée sur la table du radiographe et les leçons qu'on y puise sont encore de notre temps. Mais si ces leçons ne

telligence des considérations théoriques à rencontrer chemin faisant.

Le chapitre II nous décrit le spectre solaire d'après les travaux récents et les propriétés des diverses radiations qu'il nous révèle. L'auteur nous fait remarquer très à propos tout ce que le concept de la *transparence* a de relatif et la nécessité où l'on est de spécifier de quelles radiations on entend parler, quand on traite de la transparence ou de l'opacité d'un corps. Que deviennent les radiations absorbées par la matière ? Leur énergie se retrouve, mais transformée, dans les phénomènes de l'*image photographique latente*, de la *décharge des corps électrisés*, de la *luminescence* : tous phénomènes communs aux radiations des sources lumineuses et aux rayons X.

Le chapitre III traite des *oscillations électriques*. " Diverses considérations ont amené à considérer comme analogues aux radiations du spectre et même les prolongeant, les ondes électriques produites par la décharge oscillante et amortie d'un condensateur. „ Un partisan, même très chaud, de cette analogie, est-il forcé de trouver ce chapitre bien intimement uni au reste de l'ouvrage ?... Quoi qu'il en soit, bien peu de lecteurs regretteront de l'avoir rencontré.

D'ailleurs, la parenthèse n'est que de 9 pages et nous rentrons en plein dans notre sujet avec les *rayons cathodiques, leurs propriétés, leurs théories, l'argument décisif de Jean Perrin* en faveur de la théorie de l'émission (chap. IV). Ce chapitre était, nous le reconnaissons volontiers, un des plus difficiles à faire. Chaque jour nous apporte de nouvelles observations sur le phénomène complexe de la décharge dans les tubes à vide. Mais M. Niewenglowski nous avait habitué à une exposition trop claire et trop bien ordonnée pour ne pas nous rendre quelque peu difficile. Or, nous devons l'avouer, nous n'avons pas trouvé ici la synthèse critique que nous avions espérée (1).

(1) Sur la nature des rayons cathodiques, leur vitesse, leurs relations avec les rayons X, les idées de G. Stokes sur la nature des rayons X, etc., on peut consulter, outre la thèse de J. Perrin, *Rayons cathodiques et rayons de Röntgen*, de nombreux articles publiés dans le PHILOS. MAGAZ., 5e série, t. XLIV (1897) et XLV (1898), par J.-J. Thomson, Larmor, Battelli, etc.— Les rayons cathodiques transportent de l'électricité négative ; ils sont déviés par un champ électrostatique ; les gaz qu'ils traversent sont rendus conducteurs ; leur déviation dans un champ magnétique s'accompagne d'une dispersion, et elle est la même dans les différents gaz ; leur vitesse est très inférieure à la vitesse de la lumière, sa mesure est difficile et les résultats obtenus jusqu'ici (190 kil. par seconde :

Le chapitre V aborde l'histoire de la découverte des *rayons X* et l'exposé de leurs propriétés : points d'émission, propagation, etc... d'après les publications de Röntgen complétées par tant de travaux et notamment par les recherches de J. Perrin et de G. Sagnac. Nulle part, que nous sachions, on ne trouvera ce sujet mieux traité. En passant, l'auteur fait bonne justice des prétendus accidents dus aux rayons X, et indique le procédé très simple du Dr Destot qui prévient absolument les brûlures occasionnées parfois par les effluves électrostatiques.

M. Niewenglowski termine ce chapitre, en déclarant qu'on n'a pu proposer encore aucune hypothèse sérieuse sur la nature des rayons de Röntgen. C'est bien vrai ; mais il eût été intéressant de faire connaître les efforts tentés jusqu'ici pour résoudre l'énigme. En particulier, la théorie des vibrations transversales simples, précisée comme elle l'a été par G. Stokes et J. Thomson, méritait bien une mention, et même un certain développement, lequel eût été d'autant mieux accueilli que l'on est moins habitué à la considération de pulsations non périodiques.

Nous abordons ensuite (chap. VI) l'étude du *Matériel* employé pour la production des rayons X. Les renseignements positifs fournis sont excellents; un peu plus complets, ils eussent été parfaits. Après les résultats obtenus par Leduc à Nantes, Guilloz à Nancy, etc., nous avons regretté de voir réprouver l'*emploi des machines électrostatiques*. Nous-même nous avons vu, l'année passée à Pâques, chez Bonetti de très belles radiographies faites avec les machines de cet habile constructeur. Et depuis longtemps, d'ailleurs, l'emploi de cet appareil pour les rayons X est généralisé parmi les radiographes américains. Le plaidoyer très convaincu — et très convaincant — de W. H. Monnell, reproduit en traduction française par les ARCHIVES D'ÉLECTROTHÉRAPIE mai 1896, n'aura pas été étranger à ce retour des esprits.

Nous aurions aussi aimé à trouver, à côté de l'excellent inter-

J. J. Thomson; 600 kil. : Majorana ; 200 kilom. : Cox et Callendar, etc.) sont peu concordants. Ces différences s'expliquent vraisemblablement par l'existence de plusieurs espèces de rayons cathodiques. Ces propriétés s'accordent bien avec la théorie de l'émission. Quant aux rayons X, l'hypothèse qui y voit un phénomène produit dans l'éther lumineux s'affirme de plus en plus. Mais quel est ce phénomène ? Sont-ce des vibrations ordinaires de très courte longueur d'onde ? Faut-il les attribuer à la production d'ondes longitudinales (Lord Kelvin) ? Faut-il y voir des ondulations simples ne possédant dès lors aucune des propriétés dues à la périodicité (Stokes) ? Comment ces ondulations, quelles qu'elles soient, se rattachent-elles aux rayons cathodiques ?

rupteur Radiguet (cuivre-cuivre en pétrole), les modèles très réussis de Ducretet et de Hirschmann (interrupteurs rotatifs à mercure).

La bobine de Ruhmkorff, la distinction de ses pôles, son cloisonnement, le rôle de son condensateur et l'utilité d'en avoir un à capacité variable, tout cela est très clairement dit par M. Niewenglowski. Et l'auteur a bien raison d'insister sur ce fait que *la bobine ne crée pas d'électricité*, qu'elle ne fait que la transformer au prix d'une certaine dissipation d'énergie. Mais nous ne savons si la comparaison hydraulique qui doit servir à éclaircir cette question, est énoncée dans des termes suffisamment précis.

Comme ampoules, M. Niewenglowski a évidemment raison de ne plus nous présenter que des tubes *focus*. La figure qui nous en montre le type le plus simple, pourrait induire en erreur le lecteur inattentif et lui faire croire que les rayons X sont le résultat de la réflexion spéculaire des rayons cathodiques sur la lame focus. Il ne serait pas bien aisé de dessiner exactement le rayonnement de chacun des points de la lame, mais on pourrait trouver un moyen terme.

Le tube bianodique, auquel en France on donne le nom de tube Muret, est pénétrant, sans aucun doute, et le tube Colardeau, avec ses dérivés, n'a pas de supérieur pour la netteté. Mais d'autres encore, comme les Müller, par exemple, ont fourni des résultats assez remarquables pour mériter d'être cités. Nous avons pu en juger à l'Exposition de Bruxelles.

Nous doutons que beaucoup d'opérateurs se soient évertués à recourir habituellement à la chauffe des appendices à potasse (Müller) ou à phosphore rouge (Siemens et Halske) pour ramener dans leurs tubes excédés la pression à un degré convenable. M. Niewenglowski aurait pu indiquer ce procédé pour mémoire. Mais bien plus pratique est celui qu'il nous décrit : électrode parasite en palladium (Chabaud). Ce dernier ne le cède qu'à la méthode publiée dans ces derniers temps par Villard et basée sur le pouvoir osmotique de l'hydrogène à travers le platine chauffé (1).

(1) Silvanus P. Thompson a préconisé l'emploi, pour l'anti-cathode, d'un métal de poids atomique élevé. L'osmium, l'iridium, le thorium ont donné de bons résultats. Les tubes avec anti-cathode en iridium ou en osmium sont aujourd'hui dans le commerce.

Très intéressant est le plan d'*étude des ampoules* que l'auteur nous propose d'après Perrin, Colardeau, Van Heurck et Buguet. Le photomètre de ce dernier savant, comprenant dans un seul appareil une *lunette ixométrique* pour estimer l'intensité du faisceau fourni par le tube et une *lunette diaïxométrique* pour en apprécier le pouvoir pénétrant, devra fixer l'attention des radiographes (1).

Les chapitres VII et VIII décrivent dans les moindres détails la technique de la *radioscopie* et de la *radiographie*. L'opérateur y trouvera de nombreuses et très précises recommandations qui lui éviteront bien des tâtonnements. Signalons particulièrement les conditions de netteté des images (nos 101 à 104), le remède au voile radiographique (n° 110), les règles de la stéréoradiographie de précision (nos 123 à 127).

Indiquons en passant, à propos de radioscopie, une observation intéressante de P. Villard (2). Les écrans fluorescents au platinocyanure de barium sont aujourd'hui entre les mains de tous ceux qui s'occupent de radioscopie. La plupart vraisemblablement laissent ces écrans — quand ils ne s'en servent pas — enfermés dans leurs boîtes, à l'abri de la lumière ordinaire, par conséquent; c'est un tort. P. Villard a constaté que sous l'influence des rayons X, pendant les observations, le sel fluorescent subit une modification dont le résultat est visible à la lumière ordinaire : les régions qui ont été les plus exposées aux rayons X ont bruni légèrement. Or, cette impression, qui a pour effet de rendre le sel moins sensible, persiste si l'écran est conservé dans l'obscurité ; elle disparaît, au contraire, par une exposition suffisante à la lumière diffuse ordinaire. Il y a donc intérêt à ne pas enfermer ces écrans dans leurs boîtes, après s'en être servi, mais à les laisser exposés à la lumière du jour, afin que les impressions reçues s'effacent et que la surface fluorescente se régénère d'elle-même dans l'intervalle de deux opérations.

La détermination du siège d'un corps opaque à l'intérieur d'un corps transparent (chap. IX), est un des problèmes les plus fréquemment posés au radiographe. Il ne laisse pas d'être parfois extrêmement délicat. Souvent la méthode simple de

(1) L'influence du vide est considérable sur le pouvoir de pénétration des rayons X. Les tubes " doux „ où le vide est moins élevé émettent des rayons X à faible pénétration; les tubes " durs „, où le vide est poussé plus loin, émettent au contraire des rayons X très pénétrants.

(2) Comptes rendus, t. CXXVI, n° 20, 16 mai 1898 : *Sur une propriété des écrans fluorescents*, p. 1414.

Buguet et Gascard (n° 128) sera suffisante. La solution du Dr Mergier est plus complète et plus précise. Les appareils et le manuel opératoire radiographique et radioscopique sont exposés en détail, de la page 131 à la page 140. Le principe est identique à celui de la méthode de Contremoulins que nous avons esquissée ici même (1), mais la précision ne sera plus suffisante, apparemment, pour déterminer la position d'un fragment de projectile dans la tête à 1/2 millimètre près. On peut même se demander si le nouvel appareil eût donné une solution dépourvue de toute ambiguïté dans le cas chirurgical, origine des recherches de Contremoulins, et que Marey a exposé dans la communication du 30 mars 1896, à l'Académie de médecine. Il faut observer, d'ailleurs, que la technique du Dr Mergier est muette sur les procédés d'immobilisation *absolue* du membre par rapport à la plaque ou à l'écran, sur la détermination exacte du point d'émission des rayons X, point dont la position est variable avec la fatigue du tube. Ses points de repère sont loin d'avoir la précision de ceux de Contremoulins, et surtout nous ne retrouvons pas cet admirable compas d'opération qui, placé sans hésitation sur le membre blessé, montre à chaque instant au chirurgien la position du corps étranger et le renseigne sur le chemin à suivre pour l'atteindre en entrant par telle région qu'il lui plaît. Pour nous, sans méconnaître la valeur relative des diverses méthodes, celle de Contremoulins reste la seule complète et toujours adéquate.

Nous voulons bien qu'une monographie *complète* des applications des rayons X serait " fort difficile ", pour ne pas dire " impossible ". Toutefois la description que M. Niewenglowski nous en donne dans son chapitre X, nous a paru un peu maigre. Le médecin et le chirurgien y trouveront bien une liste assez complète des cas auxquels le nouveau moyen d'exploration a été appliqué. Mais ces cas sont-ils restés plus ou moins isolés ? Les rayons X n'ont-ils pas servi à étudier l'apparition, le développement, la guérison de plusieurs affections; ces études n'ont-elles conduit à aucune conclusion générale nouvelle ?... Si les renseignements de l'auteur n'avaient point été puisés trop exclusivement aux sources françaises, très fécondes sans aucun doute, peut-être les applications biologiques eussent-elles fourni la matière de pages intéressantes plus nombreuses. THE LANCET de Londres, le X RAYS JOURNAL de New-York, la BERLINER KLINISCHE

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, seconde série, t. XII, juillet 1897, p. 329.

WOCHENSCHRIFT, etc., eussent pu être consultés utilement. Quelques notes explicatives du genre de celles que M. Niewenglowski a si habilement semées dans les autres parties de son livre, eussent rendu ce chapitre plus accessible à un grand nombre de lecteurs peu initiés au langage très savant de ces Messieurs de la Faculté.

En résumé, le livre de M. Niewenglowski constitue un appoint de valeur à la littérature röntgénienne. Le praticien et l'amateur, auxquels ce livre est spécialement destiné, y trouveront ce que l'on demande à un traité technique : des manuels opératoires clairs, précis, méthodiques et complets ; des remarques signalant les causes d'insuccès et leurs remèdes, les difficultés et la façon de les tourner ou de les vaincre. A côté de cela, des leçons dignes, par leur clarté, de la réputation de l'enseignement français, d'allure très moderne, mises au point des recherches des derniers mois, leçons où tout le grand public qui s'intéresse aux choses de la science, ira s'instruire, aussi complètement qu'il est possible aujourd'hui, de ce qui touche à la découverte de Röntgen.

Ces qualités maîtresses, les légères critiques que nous avons adressées à l'ouvrage ne les atteignent pas sérieusement. Cette publication mérite un grand succès ; une seconde édition deviendra nécessaire, et il sera aisé à l'auteur de la rendre parfaite.

J. D. LUCAS, S. J.

TABLE DES MATIÈRES

DU

QUATORZIÈME VOLUME (DEUXIÈME SÉRIE)

TOME XLIV DE LA COLLECTION

LIVRAISON, DE JUILLET 1898

SOULÈVEMENTS ET AFFAISSEMENTS, par **M. A. de Lapparent.** 5

PUISSANCE DE L'IMAGINATION. SUEUR DE SANG ET STIGMATES SACRÉS, par **M. le Dr Surbled** 34

LA LOI DES PHASES A PROPOS D'UN LIVRE RÉCENT DE M. WILDER D. BANCROFT, par **M. P. Duhem** . . . 54

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA FORMATION DU SON DANS LES INSTRUMENTS A BOUCHE DE FLÛTE (fin), par le **Frère Ch. Lootens, S. J.** 83

LA SIMULATION DE LA MORT, par **M. J. H. Fabre** . . . 111

L'ANALYSE DES RADIATIONS LUMINEUSES (suite), par le **R. P. J. Thirion, S. J.** 140

L'HOMME ET LE SINGE, par **M. le Marquis de Nadaillac.** 182

VARIÉTÉS. — I. *Sur les dépôts formés à la surface des corps solides, par* **M. G. Van der Mensbrugghe** 221

II. *Du rôle des plantes dans la vie des anciens,* par **M. D. Le Hir** 229

III. *L'éclipse totale de soleil du 22 janvier 1898 observée à Dumraon,* par le **R. P. H. Josson, S. J.** 245

BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur les systèmes orthogonaux et les coordonnées curvilignes, par Gaston Darboux, **M. d'Ocagne** 268

II. Leçons élémentaires sur la théorie des formes et ses applications géométriques, par H. Andoyer, **M. d'Ocagne**. 273
III. Light visible and invisible, by Silvanus P. Thompson, **J. Thirion, S. J.** 274
IV. Leçons élémentaires d'acoustique et d'optique, par Charles Fabry, **J. Thirion. S. J.** . . . 277
V. Explosifs nitrés, par Gerald Sanford, traduit par J. Daniel, **H. De Greeff, S. J.** 280
VI. Leçons de Géographie physique, par A. de Lapparent, 2e édition, **C. d. l. V. P.** 282
VII. Précis de minéralogie, par A. de Lapparent, 3e édition, **C. d. l. V. P.** 284
VIII. Traité d'exploitation des mines de houille, par Charles Demanet, **V. Lambiotte**. 285
IX. Estudios biológicos, por el P. Z. Martinez Nuñez, Agustino, **G. H.** 286
X. Le Rationnel. Études complémentaires à l'essai sur la certitude logique, par Gaston Milhaud, **Georges Lechalas**. 288
XI. Lettres à un matérialiste sur la pluralité des mondes habités et les questions qui s'y rattachent, par Jules Boiteux, **C. de Kirwan** . 293
XII. Hétérogénie, transformisme et darwinisme. Problème de l'espèce, par M. l'abbé de Casamajor, **C. de Kirwan** 296
XIII. Spiritualisme et spiritisme, par le Dr Georges Surbled, **C. de Kirwan**. 299
XIV. Histoire de l'ancien Testament, d'après le manuel allemand du Dr Æ. Schöpfer par l'abbé J.-B. Pelt, **C. de Kirwan**. 303

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES
GÉOLOGIE, par **A. de Lapparent**. 311
MINES, par **V. Lambiotte** 320
SCIENCES AGRICOLES, par **V. D. B.** 327
ASTRONOMIE. *La lunette de l'exposition de 1900*, par **J. D. Lucas, S. J.** 337

CORRESPONDANCE. Lettre du **R. P. Hahn, S. J.** 345

NOTES. Nouveaux éléments 349